

**BfS**

**Bundesamt  
für  
Strahlenschutz**

---

---

# **Jahresbericht 1997**

---

**Salzgitter, Juni 1998**

---

ISSN 0940-7650

Vakatseite

# Inhaltsverzeichnis

## **Das Bundesamt für Strahlenschutz**

<i>Das Vorwort des Präsidenten</i> .....	A-1
<i>Aufbau des Bundesamtes für Strahlenschutz (Organigramm)</i> .....	A-5
<i>Standorte des BfS und seiner Außenstellen</i> .....	A-7
<i>Presse- und Öffentlichkeitsarbeit</i> .....	A-9
<i>Organisationseinheit Eigenüberwachung</i> .....	A-15
<i>Organisationseinheit Qualitätsüberwachung</i> .....	A-17

## **Die Zentralabteilung**

<i>Organigramm</i> .....	A-19
<i>Bericht der Zentralabteilung</i> .....	A-21

## **Die Geschäftsstellen**

<i>Die RSK-Geschäftsstelle</i> .....	A-27
<i>Die SSK-Geschäftsstelle</i> .....	A-31
<i>Die KTA-Geschäftsstelle</i> .....	A-37

## **Fachbereich Strahlenhygiene, Institut für Strahlenhygiene**

<i>Organigramm</i> .....	S-1
<i>Bericht des Instituts</i> .....	S-2
<b>Wissenschaftliche Kurzberichte</b>	
– <i>Mittels FISH analysierte Chromosomenaberrationen an einer Kontrollgruppe</i> .....	S-11
– <i>Genotypische Marker für präklinische und nichtinvasive Diagnose von Krebsrisiko und Strahlenempfindlichkeit</i> .....	S-12
– <i>Chromosomenanalyse zum Nachweis von Strahlenexpositionen</i> .....	S-12
– <i>Chromosomenuntersuchungen bei ehemaligen Beschäftigten der Wismut AG</i> .....	S-13
– <i>Induktion von Apoptose in humanen Zell-Linien durch Gammabestrahlung im niedrigen Dosisbereich</i> .....	S-13
– <i>Stand der deutschen Uranbergarbeiterstudie</i> .....	S-15
– <i>Untersuchungen zur Wirkung von verschiedenen Strahlenqualitäten (Alpha- und Röntgenstrahlen) auf humane primäre Keratinozyten und eine etablierte Hauttumorzelllinie (SCL II)</i> .....	S-17
– <i>EU-Projekt ESOREX – European Study of Occupational Radiation Exposure</i> .....	S-18
– <i>Mikrobielle Strahlenresistenz</i> .....	S-19
– <i>Mögliche Organdosiswerte, wenn bei Inkorporation von Radionukliden nur die effektive Dosis begrenzt wird</i> .....	S-20
– <i>Die Wirkung kleiner Strahlendosen – Hormesis, Adaptive Response</i> .....	S-22
– <i>Abschirmungs-Werkstoffe aus dem Recycling von Bildschirmröhren</i> .....	S-23
– <i>Solares UV-Monitoring Meßnetz des BfS/UBA</i> .....	S-23
– <i>Solarer UV-Meßgerätevergleich – Aufbau und Charakterisierung des BfS/UBA-Meßsystems</i> .....	S-24
– <i>Vergleich der UV-Index-Prognosewerte mit den tatsächlich eingetretenen Werten</i> .....	S-27
– <i>Erfassung der niederfrequenten magnetischen Exposition der Bürger in Bayern</i> .....	S-30
– <i>Exposition niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder und Krebs: Bewertung epidemiologischer Studien</i> .....	S-33

– Strahlenexposition der Bevölkerung durch Ableitung von Radionukliden in Höhe rechtlich vorgegebener Nachweisgrenzen. . . . .	S-35
– Ermittlung von Transferfaktoren Boden-Pflanze für U-238 und Ra-226 in einer uranbergbaulich beeinflussten Kleingartenanlage . . . . .	S-37
– Nachbildung von Radionukliden in Abfällen . . . . .	S-39
– Kalibrierung der Beta-Quelle am Thermolumineszenz-Meßplatz für die Unfalldosimetrie . . . . .	S-41
– Entwicklung eines technischen Verfahrens zur Bereitstellung von REI-Daten in IMIS . . . . .	S-44
– Gliederung von Umweltmedien und synoptische Plausibilitätsprüfungen im migrierten IMIS . . . . .	S-45
– Die Migration von IMIS unter IT-technischen Gesichtspunkten . . . . .	S-47
– Allgemeiner Daten- und Informationsaustausch im IMIS . . . . .	S-49
– IMIS-Schulungen. . . . .	S-49
– Datenbankverwaltung. . . . .	S-50
– Anwenderbetreuung. . . . .	S-50
– IMIS-Migration – Replikationsverfahren. . . . .	S-50
– BfS-Netzwerk . . . . .	S-51
– Online-Dienste. . . . .	S-52
– IT-Allgemein . . . . .	S-52
– Zum Bereich Bedienung/Darstellungen für die Migration IMIS . . . . .	S-52
– Seminar „IMIS für Radiologen“ . . . . .	S-54
– PARK . . . . .	S-54
– Ergänzungstools zur IMIS-Software und anderer Software, Kartografie. . . . .	S-55

### **Wissenschaftliche Veranstaltungen**

– GSF/BfS-Workshop „Genetic susceptibility and radiation response“ . . . . .	S-56
– Workshop „Integrierte Bewertung radiologischer und chemisch-toxischer Kontaminanten“ . . . . .	S-56
– Introductory Workshop – European Study of Occupational Radiation Exposure (ESOREX). . . . .	S-56
– 1. Fachgespräch „Erstellung und Anwendung von diagnostischen Referenzwerten in Deutschland“ . . . . .	S-57
– 2. Fachgespräch über diagnostische Referenzwerte . . . . .	S-58
– Fachgespräch: Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Hyperthermie . . . . .	S-59
– Seminar „Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall“ . . . . .	S-60

### **Internationale Zusammenarbeit**

– Internationale Vorhaben auf dem Gebiet der Zytogenetik . . . . .	S-61
– EU-Forschungsvorhaben „Evolution of genetic damage in relation to cell-cycle control: A molecular analysis of mechanisms relevant for low dose effects“ . . . . .	S-62
– CRPPH Expert Group on Worker Characterization der OECD. . . . .	S-62
– Neue Grenzwertempfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung . . . . .	S-63
– Grenzwertempfehlungen für elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (EMF) . . . . .	S-64
– IAEA Safety Guide „Radiation Protection in Medical Exposure“ . . . . .	S-65
– CEC-Training Workshop „Reference Doses and Quality in Medical Imaging – what the referring practitioner and the directing medical staff should know“ . . . . .	S-66
– EU-Forschungsvorhaben „Biokinetics and Dosimetry of Incorporated Radio-nuclides“ . . . . .	S-67
– EU Projekt „Reconstruction of internal doses from long-lived radionuclides following a large-scale radiation accident“ . . . . .	S-68
– Mitarbeit bei der ICRP. . . . .	S-68
– Mitarbeit bei der Erstellung von IAEA Publikationen. . . . .	S-69
– International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. . . . .	S-69
– EU Projekt zur „elektromagnetischen Hypersensibilität“ . . . . .	S-70
– BfS-IAEA-Trainingskurs im Strahlenschutz . . . . .	S-70
– European ALARA Network . . . . .	S-71
– IAEA Safety Guide „Communication of Nuclear, Radiation, Transport and Waste Safety“ . . . . .	S-71
– EU-Forschungsvorhaben „Long-term dynamics of radionuclides in semi-natural environments“ . . . . .	S-72
– Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 7 Abs. 1 des Strahlenschutzvorsorgegesetzes. . . . .	S-72
– IAEA Safety Series „Source and Environmental Monitoring for Radiation Protection of the Public“ . . . . .	S-73
– Auszeichnungen . . . . .	S-73
– Unterstützung der slowenischen atomrechtlichen Aufsichtsbehörde auf dem Gebiet der Notfallschutzplanung . . . . .	S-73
– IRIS . . . . .	S-74

## **Fachbereich Strahlenhygiene, Institut für Atmosphärische Radioaktivität**

<b>Bericht des Instituts</b> .....	S-77
<b>Wissenschaftliche Kurzberichte</b>	
– Übernahme und Betrieb des ODL-Meßnetzes im Bundesamt für Strahlenschutz .....	S-79
– Stand der routinemäßigen In-situ-Messungen des Bundes und der Länder .....	S-80
– Spurenanalyse der aerosolgebundenen Radioaktivität an den Probenahmeorten Schauinsland und Freiburg .....	S-81
– Der Xenon-Untergrundpegel in Deutschland .....	S-82
– Beitrag des IAR zur Verifikation des Vertrages über das umfassende Verbot von Nuklearversuchen ..	S-83
– Weiterentwicklung von ECURIE und EURDEP .....	S-85
<b>Internationale Zusammenarbeit</b> .....	S-87
<b>Wissenschaftliche Veranstaltungen</b> .....	S-89

## **Fachbereich Strahlenschutz**

<b>Organigramm</b> .....	ST-1
<b>Bericht des Instituts</b> .....	ST-3
<b>Wissenschaftliche Kurzberichte</b>	
– RAMSES – Eine relationale Datenbank für die Auswertung von passiven Radon-Meßsystemen .....	ST-15
– Tätigkeits- und arbeitsbereichsbezogene Auswertung von individuellen Expositionsdaten von Bergarbeitern des ehemaligen Bergbaubetriebes Aue der SDAG WISMUT .....	ST-17
– Untersuchungen zur Oberflächenabscheidung von kurzlebigen Radonzerfallsprodukten in Wohn- und Arbeitsräumen .....	ST-19
– Überwachungskonzepte für durch Radon und Radonzerfallsprodukte exponierte Arbeitsplätze .....	ST-22
– Vergleich der Ergebnisse von Radonmessungen in Gebäuden des Gebietes Oberfranken mit dem geogenen Radonpotential .....	ST-24
– Radioaktive Kontamination von Auenböden und ihre radiologische Bewertung .....	ST-26
– Untersuchungen in der Kleingartenanlage der Gartensparte „Silberbachtal“ (Schlema) zur Abschätzung der Strahlenexposition .....	ST-29
– Ergebnisse der Messungen der Radonkonzentration bei der Umlagerung von Uranerzaufbereitungsrückständen (Tailings) im Sanierungsgebiet Dresden-Coschütz .....	ST-32
– Gammaskopimetrische Bestimmung von Radium-226 und Radium-228 in Wasser .....	ST-35
– Bestimmung von Ac-227 in Wasserproben .....	ST-36
– Vierte Vergleichsanalyse „Wasser 1997“ .....	ST-38
– Bestimmung von Fe-55 und Ni-63 im Abwasser kerntechnischer Anlagen mit extraktionschromatographischen Verfahren .....	ST-40
– Ringversuch zur Bestimmung der spezifischen Aktivität künstlicher und natürlicher Radionuklide in Klärschlamm aus dem Jahre 1986 .....	ST-42
– Untersuchungen zur Repräsentativität der Probenentnahme und zum Gesamtverlustfaktor bei kerntechnischen Anlagen .....	ST-44
– Konsequenzen von ICRP 60 für den Strahlenschutz an CASTOR-Behältern .....	ST-46
– Maßnahmen zur Qualitätssicherung von Ortsdosisleistungsmessungen für den Grundpegelbereich ..	ST-48
– Der Einsatz des LEGe-Teilkörpermeßsystems für die In-vivo-Bestimmung von Am-241 im menschlichen Skelett .....	ST-50
– Inkorporationsüberwachung in Kernkraftwerken .....	ST-52
– Ringversuch „Tritium in Urin“ .....	ST-54
– Normalgehalte an natürlichen Radionukliden in Stuhlproben von Personen .....	ST-56
<b>Wissenschaftliche Veranstaltungen</b>	
– Sommerschule für Strahlenschutz. Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Berlin, 9. bis 13. Juni 1997 .....	ST-57
– Überwachung der Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken. 463. Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz, Berlin, 23. bis 25. Juni 1997 .....	ST-57

- Radon und Trinkwasser. Kolloquium des Radon-Dokumentations- und Informations-Zentrums Schlema e. V. (RADIZ) in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Strahlenschutz, Schlema, 2./3. Juli 1997 . . . . . ST-57
- 33. Berlin-Kolloquium, Bundesamt für Strahlenschutz, Außenstelle Berlin, 29. bis 31. Oktober 1997 . . . . . ST-58

**Internationale Zusammenarbeit**

- Committee on Radiological Protection and Public Health (CRPPH) der NEA (OECD). . . . . ST-59
- EURETHOS: Einbeziehung der betroffenen Bevölkerung in Entscheidungsprozesse bei Strahlenschutzinterventionssituationen. . . . . ST-59
- Konsultantentreffen zur Erarbeitung eines IAEA Safety Guide on Occupational Radiation Protection . . . . . ST-60
- IAEA Technical Committee Meeting on Radiation Protection and the Safe Management of Radioactive Waste during Operation of Nuclear Power Plants . . . . . ST-60
- Treffen des Komitees 4 der ICRP. . . . . ST-61
- IAEA Specialists Meeting on Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance: Implications for the Management of Radioactive Materials . . . . . ST-61
- Concerted Actions im Rahmen des „Nuclear Fission Safety research and training programme“ der EU „Retrospectively Estimated Radon in Areas Affected by Uranium Mining Activities“ „European Research into Radon in Construction“ . . . . . ST-62
- ICRP Task Group „Protection Criteria for Chronic Exposures of the Public“ . . . . . ST-62
- IAEA Advisory Group „Minimum National Infrastructure for Uranium Mining and Milling to Assure Radiation Protection and Safe Management of Waste“ . . . . . ST-62
- IAEA Consultants’ Meeting „Development of Appropriate Plans for the Radioactive Waste Safety Standards Series in the Area of Environmental Restoration“ . . . . . ST-63
- Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks im Rahmen der „Oslo and Paris Commissions (OSPAR)“ . . . . . ST-63
- 10th Regular Workshop on Mobile Radiological Laboratories. . . . . ST-64
- Mitwirkung bei der International Standard Organisation (ISO) bei der Neufassung (Fortschreibung) der ISO-Norm 2889 „General Principles for Sampling Airborne Radioactive Materials“ . . . . . ST-64
- Konsultantentreffen: „International Registry of Contaminated Sites“, Wien, 6. bis 9. Oktober 1997. . . . . ST-65
- EG-Projekt „Naturally Occuring Radioactive Materials (NORM)“ . . . . . ST-65

**Fachbereich Kerntechnische Sicherheit**

**Organigramm** . . . . . KT-1

**Bericht des Fachbereichs** . . . . . KT-3

**Wissenschaftliche Kurzberichte**

- Kernenergie im wirtschaftlichen Vergleich. . . . . KT-11
- Präventiver Strahlenschutz in deutschen Kernkraftwerken . . . . . KT-12
- Maßnahmen zur Risikominderung bei Freisetzung von Wasserstoff in den Sicherheitsbehälter eines Druckwasserreaktors bei auslegungüberschreitenden Ereignissen . . . . . KT-14
- Qualifizierungsmerkmale rechnergestützter Sicherheitsleittechnik für Kernkraftwerke – Was leistet ein gestaffeltes Qualifizierungskonzept? . . . . . KT-16
- Analyse von Trajektorien für den Luftmassentransport von Standorten Kerntechnischer Anlagen Ost . . . . . KT-19
- Übersicht über Stilllegungsprojekte in Deutschland . . . . . KT-21
- Auswertung unplanmäßiger Ereignisse in Kernkraftwerken mit sowjetischen Reaktoren in Osteuropa im Jahre 1995. . . . . KT-21

**Wissenschaftliche Veranstaltungen**

- 4. Informationsveranstaltung zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr „Zweckmäßiges gemeinsames Vorgehen der zuständigen Behörden im Nachsorgefall bei der Sicherstellung eines Körpers mit radioaktiven und vermutlich explosionsfähigen Stoffen“, BfS, Salzgitter . . . . . KT-23

**Internationale Zusammenarbeit**

- Arbeitsgruppe der CNRA der OECD/NEA über Methoden der staatlichen Aufsicht bei kerntechnischen Anlagen. . . . . KT-25
- IAEA: Consultants’ Meeting zur Neufassung von Safety Series No. 50 C-O (Rev. 1) „The Safety of Nuclear Power Plants: Operation – Requirements“ . . . . . KT-25

– EU Task Force on Safety Critical Software – Licensing Issues . . . . .	KT-26
– IAEA Consultants’ Meeting „Decommissioning of Nuclear Fuel Cycle Facilities“ . . . . .	KT-26
– IAEA Consultants’ Meeting zur Erarbeitung des Dokuments „Review of Safety Performance of Operational Nuclear Power Plants“ . . . . .	KT-27
– IAEA Consultants’ Meeting zur Fertigstellung des Dokuments „Safety Evaluation of Operating Nuclear Power Plants Built to Earlier Standards – A Common Basis for Judgement“ . . . . .	KT-27
– IAEA, Neue Internationale Konventionen zur Atomhaftung . . . . .	KT-27
– EU Task Force on Risk-Based In-Service Inspection der NRWG . . . . .	KT-29
– OECD/NEA-Organisationskomitee für das CNRA Special Issues Meeting 1998: „Regulatory Aspects of Ageing Reactors“ . . . . .	KT-29
– OECD/NEA Special Issue Meeting der CNRA: „Review Procedures and Criteria for Regulatory Applications of PSA“ . . . . .	KT-29
– OECD/NEA – Arbeitsgruppe zur Sicherheit im Kernbrennstoffkreislauf . . . . .	KT-29
– OECD Expertenkommission – Lagerung und Verwendung von abgereichertem Uran . . . . .	KT-30
– Beratung der IAEA zur Ausarbeitung nuklearer Sicherheitsstandards (Nuclear Safety Standards Advisory Committee – NUSSAC) . . . . .	KT-30
– IAEA Technical Co-Operation in Slovakia: Expertenmission in der Aufsichtsbehörde der Slovakischen Republik zu Problemen der Stilllegung kerntechnischer Anlagen . . . . .	KT-31

## **Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport**

<b>Organigramm</b> . . . . .	ET-1
<b>Bericht des Fachbereichs</b> . . . . .	ET-3
<b>Wissenschaftliche Kurzberichte</b>	
– Meteorologische Verhältnisse am Erkundungsbergwerk am Standort Gorleben für den Zeitraum 1988 bis 1996 . . . . .	ET-11
– Übertägige Standorterkundung „Dömitz-Lenzen“ – Geröll- und Geschiebeanalytik . . . . .	ET-12
– Übertägige Bohrungen „Dömitz-Lenzen“ . . . . .	ET-13
– Langzeit-Ausbreitungs- und -Ablagerungsfaktoren unter Berücksichtigung der thermischen und mechanischen Kaminüberhöhung auf der Basis der Wetterdaten 1986 –1993 vom Standort Konrad . . . . .	ET-14
– Prüfung und Bewertung einer möglichen Verschmutzung des Grundwassers durch bestimmte gefährliche Stoffe . . . . .	ET-16
– Endlagerungsbedingungen für das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) . . . . .	ET-17
– Übersicht über die im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) im Jahr 1997 eingelagerten radioaktiven Abfälle . . . . .	ET-17
– Langzeit-Ausbreitungs- und -Ablagerungsfaktoren unter Berücksichtigung der Orografie und der thermischen und mechanischen Kaminüberhöhung auf der Basis der Wetterdaten für 1995 vom Standort des ERAM . . . . .	ET-18
– Meteorologische Ausbreitungsklassenstatistik für den Standort des ERAM auf der Basis der ERAM-Wetterdaten für 1995 sowie von langfristigen Wetterdaten benachbarter Stationen – Langzeit-Ausbreitungs- und -Ablagerungsfaktoren . . . . .	ET-20
– Probabilistische Kurzzeit-Ausbreitungsrechnungen gemäß den Vorschriften der Störfall- berechnungsgrundlagen (SBG) unter Berücksichtigung der Orografie und der thermischen und mechanischen Kaminüberhöhung auf der Basis der Wetterdaten für 1995 vom Standort des ERAM . . . . .	ET-21
– Messungen zum Freisetzungverhalten flüchtiger radioaktiver Stoffe im ERAM . . . . .	ET-24
– Tritium im ERAM – Betrachtungen zum Aktivitätsfluß und Inventar . . . . .	ET-26
– Untersuchungen zum Aktivitätsinventar der Spezialcontainer im Untertagemessfeld des ERAM . . . . .	ET-27
– Neuauswertung von Testdaten aus dem Erkundungsprogramm 1988 – 1990 am Standort des ERAM . . . . .	ET-30
– Auswertung von CBIL-Daten aus dem Bohrprogramm 1994/95 ERAM . . . . .	ET-34
– Erfassung der Grundwasserentnahmen und Einleitungen in Vorfluter . . . . .	ET-36
– Hydrologisches Untersuchungsprogramm Morsleben – Wasserhaushaltsbericht . . . . .	ET-37
– Isotopen-, Edelgas- und Salinitäts-Untersuchungen an Grundwasserproben sowie am Porenwasser frischer Bohrkernproben aus dem Untersuchungsgebiet des ERAM . . . . .	ET-39
– Ermittlung der boden- und nutzungsspezifischen Jahreswerte der Grundwasserneubildung im Raum des ERAM . . . . .	ET-39

– Bestimmung von In-situ- $K_d$ -Werten im Deckgebirge des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) .....	ET-41
– Nuklidmigration im Deckgebirge des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) .....	ET-41
– Auslaugung von Radionukliden aus Abfallgebinden unter den Bedingungen des ERAM .....	ET-42
– Novellierung der Endlagervorausleistungsverordnung .....	ET-43
– Erhebung radioaktiver Reststoffe für das Jahr 1996 .....	ET-43
– Prüfung von Endlagerbehältern .....	ET-45
– Durchführung von Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle .....	ET-45
– Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle .....	ET-46
– Berufliche Strahlenexposition bei der Endlagerung und Konditionierung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung .....	ET-47
– Entwicklung eines Konzepts für eine probabilistische Sicherheitsbewertung eines Endlagers .....	ET-50
– Dreidimensionale Aufheizrechnungen zur Ableitung von Wärmeübertragungsparametern im Rahmen der Behälterqualifizierung .....	ET-52
– Die Neubewertung des „Torgau“-Erdbebens vom 17. August 1553 .....	ET-53

### **Wissenschaftliche Veranstaltungen**

– Informationsveranstaltungen zu den fortgeschriebenen Regelungen zur Produktkontrolle für das ERAM, Braunschweig, 18. und 26. Februar 1997 .....	ET-55
– Informationsveranstaltung zur Abführung von Endlagerungskosten für die Endlagerung radioaktiver Abfälle aus Landessammelstellen im geplanten Endlager Konrad, Salzgitter-Lebenstedt, 12. November 1997 .....	ET-55
– Workshop „Hochverdichtete Bentonite im salinaren Milieu – Baustoff für technische Barrieren in Untertagedeponien und Endlager im Salinar“, Braunschweig, 7. Oktober 1997 .....	ET-55

### **Internationale Zusammenarbeit**

– Überprüfung des Sicherheitsprogrammes der IAEA .....	ET-57
– Mitarbeit in der Arbeitsgruppe zur Vorbereitung einer Entsorgungskonvention .....	ET-57
– OECD/NEA International Project on the Transport of Radionuclides in Geologic, Heterogeneous Media (GEOTRAP) .....	ET-57
– Third International Seminar on Radioactive Waste Products (RADWAP '97) .....	ET-58
– Deutsch-Amerikanische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle .....	ET-58
– Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Europäischen Union im Bereich der Klassifizierung und Äquivalenz radioaktiver Stoffe .....	ET-59
– Expertengruppe der Europäischen Union zur Bewertung von Studien und Vorhaben zum Management radioaktiver Abfälle und zur Sanierung/Wiederherstellung kontaminierter Landstriche .....	ET-60
– Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Europäischen Union zum Management radioaktiver Abfälle .....	ET-60
– Beratertreffen der IAEA zur Durchführung von Sicherheitsanalysen für das Management radioaktiver Abfälle vor ihrer Endlagerung .....	ET-61
– Beratertreffen der IAEA zur Qualitätssicherung bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle .....	ET-61
– Komitee der IAEA für die Technik der Entsorgung radioaktiver Abfälle (WATAC) .....	ET-61
– Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen .....	ET-62
– Beförderung radioaktiver Stoffe .....	ET-62

<b>Prüfungen, Zulassungen, Genehmigungen</b> .....	ET-65
--	-------

## **Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben**

### **Themen der von den Fachbereichen S und ST fachlich begleiteten**

<b>Ressortforschungsvorhaben auf dem Gebiet des Strahlenschutzes</b> .....	RF-1
– Zeitlicher Verlauf der Aufnahme und Verteilung von Radiocäsium in landwirtschaftlichen Nutzpflanzen .....	RF-4
– Radioökologische Modelle für Binnengewässer .....	RF-4
– Erstellung von Berechnungs- und Simulationsprogrammen für die Feldverteilung im Körper .....	RF-5
– Fall-Kontroll-Studie akuter Leukämien und Lymphome bei Kindern .....	RF-6

### **Themen der vom Fachbereich KT fachlich begleiteten Ressortforschungsvorhaben** .....

– Qualifizierung und Bewertung von erfolgversprechenden Methoden zur Fehlerfrüherkennung und zur Reduzierung von Strahlenbelastung bei der Überwachung und Prüfung sicherheitstechnisch wichtiger Rohrleitungen; Potentialsonden-Meßtechnik .....	RF-9
---	------



– Fachliche Unterstützung des BMU bei übergeordneten Fragen der probabilistischen Sicherheitsanalysen von Kernkraftwerken sowie bei der kerntechnischen Regelerarbeitung . . . . .	RF-10
– Einfluß des Menschen auf die Sicherheit von Kernkraftwerken – Technische, organisatorische und personenbezogene Anforderungen im Rahmen des anlageninternen Notfallschutzes . . . . .	RF-11
– Genehmigungsspezifische Fachberatung zu Sicherheitsfragen der Leittechnik von Kernkraftwerken . . . . .	RF-12
<b>Themen der vom Fachbereich ET fachlich begleiteten Ressortforschungsvorhaben. . . . .</b>	<b>RF-13</b>
– Sicherheitstechnische Analysen für ein Endlager in einem Salinar mit geringen Konvergenzraten. . . . .	RF-14
– Vorgehensweise und Anforderungen bei der Produktkontrolle für radioaktive Abfälle aus dem In- und Ausland . . . . .	RF-14

## **Anhang**

<b>Wissenschaftliche Publikationen . . . . .</b>	<b>AN-1</b>
<b>Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen. . . . .</b>	<b>AN-12</b>
<b>Abkürzungen . . . . .</b>	<b>AN-27</b>
<b>Stichwortverzeichnis. . . . .</b>	<b>AN-35</b>

Vakatseite

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Vorwort des Präsidenten

Mit dem Errichtungsgesetz wurde dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) die Aufgabe zugewiesen, das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) fachlich und durch wissenschaftliche Forschung in seiner Verantwortung im gesundheitlichen und physikalisch-technischen Strahlenschutz, bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle, bei der staatlichen Verwahrung von Kernbrennstoffen, beim Transport radioaktiver Stoffe sowie in der kerntechnischen Sicherheit zu unterstützen.

Wie in den Vorjahren wird der vorliegende Jahresbericht durch ausgewählte Arbeitsschwerpunkte eingeleitet, um das Spektrum der Tätigkeiten der Fachbereiche, der Verwaltung, der Geschäftsstellen von Beratungsgremien und Ausschüssen sowie der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit aufzuzeigen.

Exemplarisch für die Arbeit des Fachbereichs **Strahlenhygiene** und damit der Institute für Strahlenhygiene und für Atmosphärische Radioaktivität seien folgende Arbeitsschwerpunkte genannt:

- Mittels Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH)-Technik können symmetrische Translokationen bei Chromosomen identifiziert werden, die für eine biologische Dosimetrie bei lange zurückliegenden oder chronischen Expositionen geeignet sind. Diese Technik soll bei ehemaligen Wismut-Bergarbeitern zur retrospektiven Ermittlung der Strahlenexposition unter Tage angewendet werden.
- Im gemeinsam vom BfS und dem Umweltbundesamt betriebenen Meßnetz zur Erfassung der bodennahen solaren UV-Strahlung in Deutschland konnte der Bereich der Qualitätskontrolle/-sicherung weiter verbessert werden. Dazu gehörten der Aufbau einer automatisierten Systemüberwachung, eine verbesserte Kalibrierung und die Teilnahme an einem nationalen Meßgerätevergleich. Die Drei-Tages-UV-Prognose, die der Bevölkerung Auskunft über die Exposition des Menschen durch die sonnenbedingte UV-Strahlung gibt, wurde ergänzt mit einer täglichen aktuellen Berichterstattung der an

8 Standorten gemessenen UV-Strahlung.

- Mit der dritten Verordnung gem. § 11 Abs. 7 Strahlenschutzvorsorgegesetz vom 16. Oktober 1997 wurde die Verantwortung für die großräumige Ermittlung der Gamma-Ortsdosisleistung (ODL-Meßnetz) mit Wirkung vom 1. Juli 1997 vom Bundesamt für Zivilschutz (BZS) dem BfS übertragen.
- Im Zuge der internationalen Erweiterung des Integrierten Meß- und Informationssystems zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) erfolgte eine Implementierung dieses Meßsystems in Polen, der Slowakei und Rußland. Der bereits im letzten Jahr begonnene Aufbau dieses International Radiation Information System (IRIS) in Polen wurde im September dieses Jahres abgeschlossen.
- Das BfS hat in Zusammenarbeit mit der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) einen achtwöchigen Basis-Trainingskurs im Strahlenschutz durchgeführt. Dieser Kurs wurde erstmals für eine bestimmte Region, nämlich Mittel-, Ost- und Südosteuropa, angeboten und fand vom 1. September bis zum 24. Oktober 1997 in Karlsruhe, Neuherberg und Berlin mit 22 Teilnehmern aus 16 Ländern statt. Es wurden praktische und theoretische Kenntnisse im Strahlenschutz vermittelt, die als Grundlage für internationale Empfehlungen zur Entwicklung von Strahlenschutznormen und deren Umsetzung dienen.

Der Fachbereich **Strahlenschutz** bearbeitet anwendungsorientierte Forschungsaufgaben im Strahlenschutz und unterstützt das BMU bei der Zweckmäßigkeitssicherung im Strahlenschutz. Aus seinen Aufgaben werden folgende Schwerpunkte genannt:

- Im Rahmen des Projektes „Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten“ wurden bis zum Ende des Jahres 1997 bis auf Ausnahmen mit geringer radiologischer Relevanz die Basismeßprogramme abgeschlossen. Das Fachinformationssystem Bergbaubedingte Umweltradioaktivität wurde installiert.

Damit sind alle Voraussetzungen für den erfolgreichen Abschluß des Bundesprojektes 1998 geschaffen worden.

- Auch 1997 wurden mehrere Ringvergleiche als Aufgabe der „Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten in den neuen Bundesländern“ durchgeführt. Die Maßnahmen zur Qualitätssicherung gewährleisten langfristig die Qualität der in den neuen Bundesländern durchgeführten Messungen von Ortsdosisleistung, der Konzentrationen von Radon und Radonfolgeprodukten in der Luft und der Aktivität in Proben aller Umweltmedien. Sie liefern die Grundlage für eine zuverlässige Bestimmung der Strahlenexposition der Bevölkerung und sind entscheidende Voraussetzung für die Qualität der Basismeßprogramme im Altlastenkataster.
- Von besonderer Bedeutung für die Qualitätssicherung der Messungen der Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten ist der Aufbau einer Kalibrierkammer als Sekundärstandard im Rahmen des Deutschen Kalibrierdienstes. In Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt sind die diesbezüglichen Vorbereitungen weitgehend getroffen worden.
- In großem Umfang erfolgten Ortsdosisleistungs- und spektrometrische Messungen in den Neutronenfeldern an verschiedenen Typen von Transport- und Lagerbehältern für abgebrannte Brennelemente. Diese Messungen sind Grundlage für die Ermittlung der Körperdosis des Begleitpersonals der Transporte sowie der Bevölkerung in der Nähe der Transportstrecken.

Die Schwerpunkte der Arbeit des Fachbereiches **Kerntechnische Sicherheit** dienen vorwiegend der Unterstützung des BMU bei der Wahrnehmung der Bundesaufsicht über die kerntechnischen Einrichtungen in Deutschland. Exemplarisch für die Tätigkeiten im Berichtsjahr seien genannt:

- Im Hinblick auf eine bundeseinheitliche Durchführung periodischer Sicherheitsüberprüfungen wurde unter Lei-

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Vorwort des Präsidenten

tion des BfS der Datenband zur probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) für Kernkraftwerke als Fachband zum PSA-Leitfaden erarbeitet.

- Zum Übereinkommen über nukleare Sicherheit („Convention on Nuclear Safety“), bei dem Deutschland seit dem 20. April 1997 Vertragspartei ist, wurde im Verlauf des Jahres 1997 im Auftrag des BMU der nationale Bericht für die erste Überprüfungstagung gemeinsam von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit und dem BfS im Entwurf erarbeitet. Das BfS hat hierbei das Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren unter Berücksichtigung der föderalen Struktur der Bundesrepublik Deutschland dargestellt und zu den anderen Artikeln der Konvention jeweils die regulatorischen Anforderungen und deren behördliche Umsetzung beschrieben. Der Bericht soll bis spätestens Ende September 1998 der Internationalen Atomenergieorganisation IAEA vorgelegt werden.
- Zur Wahrnehmung der bundesaufsichtlichen Aufgaben für die Stilllegungsprojekte wurde zur Unterstützung des BMU die Datenbank „Stilllegung kerntechnischer Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland“ als behördeninternes Arbeitsmittel geschaffen. Sie wird laufend vervollständigt und entsprechend den Anforderungen erweitert. Für jedes Stilllegungsprojekt liegen Angaben über technische Einrichtungen, die Betriebsgeschichte, die Stilllegungspläne und die bisherigen Stilllegungsmaßnahmen sowie über die Genehmigungssituation vor.

Im Fachbereich **Nukleare Entsorgung und Transport** wurden im Berichtsjahr folgende Aufgaben schwerpunktmäßig bearbeitet:

- Projekt Gorleben  
Die Arbeiten zur Untersuchung des Salzstocks Gorleben auf seine Eignung zur Einrichtung eines Endlagers wurden fortgesetzt. Diese übertägigen und untertägigen Erkundungsarbeiten verliefen im Jahr 1997 erfolgreich, und die erzielten Ergebnisse bestätigen die Eignungshoffigkeit, d. h. die berechtigte Hoffnung, daß der Salzstock Gorle-

ben als Endlagerformation für alle Arten von radioaktiven Abfällen geeignet ist. In Schacht 1 wurde die Endteufe von 933 m im November 1997 erreicht. In Schacht 2 fehlen noch ca. 20 m bis zur Endteufe, die bei ca. 860 m liegen wird. Zur Festlegung der Anordnung der aufzufahrenden Strecken und Infrastrukturräume, zur Planung des Endlagerdesigns sowie zur weiteren Erkundung der inneren Struktur des Salzstocks wurde das umfangreiche geowissenschaftliche Untersuchungsprogramm fortgeführt.

- Projekt Konrad  
Das BfS hat im Jahr 1997 die Arbeiten zur Durchführung des Planfeststellungsverfahrens Konrad mit hoher Priorität vorangetrieben und parallel die Umrüstungsphase vorbereitet. Im Dezember 1997 hat das Niedersächsische Umweltministerium NMU als Genehmigungsbehörde dem BMU einen Entwurf für einen Planfeststellungsbeschluß übergeben, der die grundsätzliche Genehmigungsfähigkeit erkennen läßt. Das BfS ist darauf vorbereitet, mit der Umrüstung der Schachanlage Konrad in ein Endlagerwerk unmittelbar zu beginnen.
- Projekt und Betrieb Morsleben  
Seit Wiederaufnahme des Einlagerungsbetriebes im Jahr 1994 wurden in das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) 76029 Gebinde und 374 Strahlenquellen mit einem Gesamtvolumen von 17.243 m<sup>3</sup> eingelagert. Die dabei eingebrachte Gesamtaktivität setzt sich zusammen aus  $6,0 \cdot 10^{10}$  Bq  $\alpha$ -Aktivität und  $5,8 \cdot 10^{13}$  Bq  $\beta/\gamma$ -Aktivität.  
Im Jahr 1997 wurden 24175 Gebinde und 18 Quellen mit einem Gesamtvolumen von 6081 m<sup>3</sup> eingebracht, was einem mittleren monatlichen Einlagerungsvolumen von 500 m<sup>3</sup> entspricht. Die Gesamtaktivität dieses 1997 eingelagerten Abfallvolumens setzt sich zusammen aus  $2,9 \cdot 10^{10}$  Bq  $\alpha$ -Aktivität und  $1,9 \cdot 10^{13}$  Bq  $\beta/\gamma$ -Aktivität.  
Neben der Einlagerung wurden im Jahr 1997 auch laufend Maßnahmen zur Sicherung und Optimierung des Einlagerungsbetriebes durchgeführt. Hervorzuheben sind die Arbeiten zur

Vorbereitung eines weiteren Einlagerungsfeldes, des Ostfeldes, in dem im Oktober 1997 der Probetrieb zur Einlagerung radioaktiver Abfälle in Stapeltechnik aufgenommen wurde.

Das BfS hat im Mai 1997 dem Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt im Einvernehmen mit dem BMU erklärt, das Endlager Morsleben ab dem 1. Juli 2000 stilllegen zu wollen. Für diese Entscheidung war allein die Tatsache ausschlaggebend, daß die Abfallvolumina geringer ausfallen als früher prognostiziert und deshalb auf den Ausbau des Endlagers Morsleben als drittes Vorhaben neben Gorleben und Konrad verzichtet werden kann. Im übrigen wurde intensiv daran gearbeitet, das geowissenschaftliche Erkundungsprogramm zum Nachweis der Langzeitsicherheit des Endlagers weiterzuführen und ein Konzept für die Stilllegung zu erarbeiten.

- Genehmigungsverfahren zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen nach § 6 Atomgesetz (AtG)  
Für die Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und hochradioaktiven Glaskokillen an den Standorten Gorleben, Ahaus, Jülich und Rubenow/Greifswald sowie von hochradioaktiven Glaskokillen am Standort Gorleben wurden die Genehmigungsverfahren fortgeführt.  
Aus dem Umfang des 1995 gestellten umfassenden Antrags für das Transportbehälterlager Ahaus wurde die Begutachtung der folgenden Teilgebiete abgeschlossen und hierfür die Genehmigung mit Sofortvollzug zur Aufbewahrung erteilt:
  - Kernbrennstoffe in Form von bestrahlten Brennelementen aus Leichtwasserreaktoren (LWR) in maximal 370 Transport- und Lagerbehältern der Bauarten CASTOR Ia, Ic, IIa, V/19 und V/52,
  - Kernbrennstoffe in Form von bestrahlten Brennelementen aus dem Thorium-Hochtemperatur-Reaktor (THTR) in maximal 305 Transport- und Lagerbehältern der Bauart CASTOR THTR/AVR (auf 50 Stellplät-

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Vorwort des Präsidenten

zen für Behälter mit bestrahlten LWR-Brennelementen),

- kernbrennstoffhaltige Abfälle und sonstige radioaktive Stoffe.
- Beförderung von radioaktiven Stoffen  
Gemäß § 23 AtG ist das BfS zuständig für die Genehmigung der Beförderung von Kernbrennstoffen und Großquellen. Im Jahr 1997 wurden insgesamt 337 Genehmigungen (Einzel-, Mehrfach- und allgemeine Genehmigungen) erteilt. Gemäß den Gefahrgutverordnungen für die verschiedenen Verkehrsträger (Straße, Schiene, See und Luft) ist das BfS zuständig für die verkehrsrechtliche Zulassung von Versandstücken. Im Jahr 1997 wurden 91 Zulassungen und Anerkennungen erteilt.

Aus der Arbeit der **Zentralabteilung** sind folgende Schwerpunkte hervorzuheben:

- Nach einer Bauzeit von 31 Monaten konnte das neue Dienstgebäude des BfS in Salzgitter-Lebenstedt termingerecht im Oktober 1997 bezogen werden. Das Gebäude bietet den bislang an verschiedenen Standorten in der Region Braunschweig/Salzgitter untergebrachten ca. 300 Mitarbeitern mit seinen Einrichtungen optimale Arbeitsbedingungen. Die feierliche Einweihung erfolgte am 27. Oktober 1997 in Anwesenheit von Frau Bundesministerin Dr. Angela Merkel.
- Mitwirkung bei der Novellierung der Endlagervorausleistungsverordnung, mit der die Verteilung der Kosten an den Endlagerprojekten Gorleben und Konrad unter den Ablieferungspflichtigen auf eine neue Grundlage gestellt wird.
- Betreuung der umfangreichen und komplexen Verwaltungs- und Gerichtsverfahren bei den Endlagerprojekten Gorleben und Konrad sowie dem Endlagerbetrieb Morsleben.

Die **Geschäftsstelle des Kerntechnischen Ausschusses (KTA)** hat im Berichtsjahr insgesamt 75 Sitzungen des KTA und seiner verschiedenen Unterausschüsse und Arbeitsgremien vorbereitet und betreut.

Des weiteren beteiligt sich die KTA-Geschäftsstelle an folgenden Arbeiten:

- Verfolgung der internationalen Normung und Mitarbeit in einzelnen Arbeitsgruppen,
- Strukturierung des künftigen Arbeitsprogramms für den KTA unter dem Stichwort „KTA 2000“,
- Erstellung von Konzepten zur Optimierung der Wiederkehrenden Prüfungen in Kernkraftwerken,
- Analyse der Maßnahmen zum Altersmanagement in deutschen Kernkraftwerken,
- Erfassung des kerntechnischen Regelwerkes in einem EDV-System.

Zu den Schwerpunkten der von der **Geschäftsstelle der Strahlenschutzkommission SSK** fachlich und organisatorisch betreuten 129 Sitzungen der Kommission, ihrer Ausschüsse und Arbeitsgruppen zählten im Jahr 1997

- die Novellierung der Strahlenschutzverordnung,
- die Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide,
- der Strahlenschutz in der Medizin,
- der Notfallschutz bei kerntechnischen Unfällen (Iodblockade),
- die vergleichende Risikobewertung sowie im Bereich der nichtionisierenden Strahlen
- Funkanwendungen, Thema der diesjährigen Klausurtagung „Funkanwendungen – Technische Perspektiven, biologische Wirkungen und Schutzmaßnahmen“.

Im Rahmen dieser Schwerpunkte wurden von der SSK Empfehlungen und Stellungnahmen, u. a. zu folgenden Themen erarbeitet:

- Anpassung der StrlSchV an die revidierten EURATOM-Grundnormen,
- Auswirkungen der Einführung neuer Dosismessgrößen im Strahlenschutz,
- Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen (Iodmerklätter),

- Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI-Bergbau),
- Anpassung der Strahlenschutzverordnung an die neuen Freigrenzen,
- Zur Strahlung bei CASTOR-Transporten,
- Schutz des Menschen vor solarer UV-Strahlung,
- Patientensicherheit bei Anwendungen der Ultraschalldiagnostik in der Medizin.

Von der **Geschäftsstelle der Reaktor-Sicherheitskommission RSK** wurden schwerpunktmäßig u. a. folgende Empfehlungen und Stellungnahmen fachlich vorbereitet:

- Auslegung von deutschen Kernkraftwerken gegen Erdbeben,
- Vergleich der Wirksamkeit der Sicherheitseinspeisesysteme des European Pressurized Water Reactor EPR und der KONVOI-Anlagen.

Im Berichtsjahr wurden zwischen der RSK und der Groupe Permanent Chargé des Reactors Nucléaires GPR die Beratungen zu den Sicherheitsanforderungen an zukünftige Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktor fortgesetzt. Folgende Einzelthemen wurden u. a. behandelt:

- Notwendige F + E-Arbeiten bzgl. schwerer Unfälle mit Kernschmelzen,
- Sicherheitstechnische Anforderungen an die Systemauslegung und Einsatz von probabilistischen Sicherheitsanalysen,
- Behandlung von schweren Unfällen und Containment-Auslegung.

Presse, Funk und Fernsehen wurden als ständige Gesprächspartner des Referates **Presse- und Öffentlichkeitsarbeit** der Berichtszeit mit 40 Pressemitteilungen über das gesamte Aufgabenspektrum des BfS und mit 3 „Gorleben-Infos“ über die Arbeiten zur Erkundung des Salzstocks Gorleben informiert.

- Schwerpunkte der Pressearbeit betrafen die gesundheitlichen Auswirkungen elektromagnetischer Felder, die

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Vorwort des Präsidenten

Transporte abgebrannter Brennelemente und die Fortschritte bei der Erkundung des Salzstocks Gorleben.

- Schriftlich beantwortet wurden im Berichtsjahr etwa 8.000 Anfragen aus allen Kreisen der Bevölkerung, von kommunalen Gremien, Lehrern, Schülern, Verbänden und Medien. Sowohl die schriftlichen als auch die telefonischen Anfragen betrafen überwiegend das Gebiet der nichtionisierenden Strahlung.
- Das unter der Rufnummer 0130/82 07 08 eingerichtete Bürgertelefon verzeichnete rund 40.000 Anrufe. Die größte Resonanz hatten Themen zur Mobilfunkkommunikation.
- Das Angebot im Internet wurde im Berichtsjahr wesentlich erweitert. Neben Informationen über das BfS, Pressemitteilungen und weiteren Texten von allgemeinem Interesse sind nunmehr auch die wichtigsten Info- und Faltblätter sowie das Atomgesetz und die Strahlenschutzverordnung als Volltext abrufbar. Die Anzahl der Zugriffe auf das T-Online-Angebot ist in der Tendenz rückläufig. Im Berichtsjahr waren rund 8.000 Zugriffe zu verzeichnen. Rund 800 Nutzer forderten auf diesem Wege Informationsmaterial an. Die Zugriffe zum Internet werden seit April 1997 ausgewertet. Bis zum Jahresende waren es 15.000, wobei die Tendenz der Zugriffszahlen bis zum Jahresende steigend war.
- Die beiden Informationsstellen des BfS wurden auch im Berichtsjahr wieder gut besucht. Rund 4.000 Besucher verzeichnete die Informationsstelle zur Nuklearen Entsorgung in Gartow; über 2.100 Besucher die Informationsstelle zur Radiologischen Situation in Bergbaugebieten in Schlema.

Das BfS vergibt im Auftrag des BMU Forschungsvorhaben auf dem Gebiet des Strahlenschutzes und der Reaktorsicherheit. Die Ergebnisse dieser Vorhaben dienen der Erarbeitung von Strahlenschutz-

vorschriften und der Wahrnehmung der Bundesaufsicht über den Vollzug des Atomgesetzes und unterstützen das BMU bei der Erfüllung der durch Rechtsvorschriften geforderten Fachaufgaben in den oben genannten Bereichen. Die Planung, die fachliche und administrative Vorbereitung, Vergabe, Begleitung sowie die fachliche Bewertung der Ergebnisse der Forschungsvorhaben sind Aufgaben des BfS.

Wie im Jahr 1996 haben die Mitarbeiter des BfS eng zusammengearbeitet mit internationalen und nationalen Organisationen und Institutionen, wie der Weltgesundheitsorganisation, der Internationalen Atomenergieagentur, dem Wissenschaftlichen Komitee der Vereinten Nationen über die Wirkungen atomarer Strahlung, der Internationalen Strahlenschutzkommission, der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierenden Strahlen, der Kommission der Europäischen Union, der OECD-Kernenergieagentur, dem Grundnormenausschuß der Europäischen Union gemäß Artikel 31 des EURATOM-Vertrages, der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, dem Deutschen Wetterdienst, dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, der Bundesanstalt für Gewässerkunde, dem Bundesamt für Zivilschutz, dem Bundesinstitut für Arzneimittel, der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit und dem GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit.

Besonders enge wissenschaftliche Zusammenarbeit pflegte das BfS mit dem National Radiological Protection Board (NRPB), England, dem Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN), Frankreich, sowie dem China Institute for Radiation Protection (CIRP), Volksrepublik China. Diesen Institutionen sowie allen Bundes- und Länderministerien, die im vergangenen Jahr die Arbeit des Amtes förderten und unterstützten, sei an dieser Stelle gedankt.

Der **Wissenschaftliche Beirat** der Fachbereiche Strahlenhygiene und Strahlenschutz hat zu folgenden Themen Empfehlungen abgegeben:

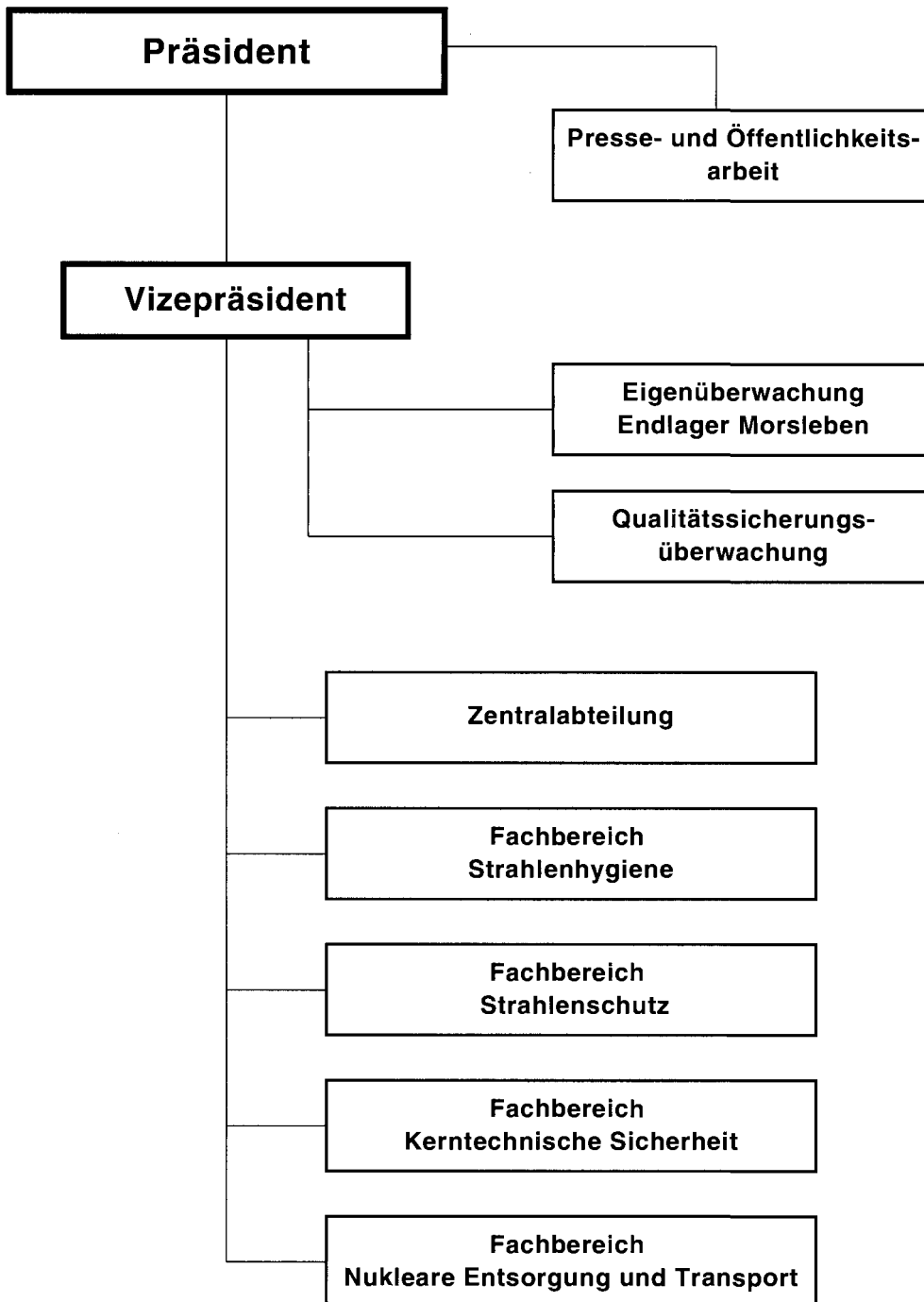
- Gesundheitsschutz beruflich strahlenexponierter Personen und der Bevölkerung bei erhöhter natürlicher Strahlung
- Bundesprojekt Altlastenkataster
- Schaffung eines Sekundärstandards für die Messung von Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten in Luft
- Überwachung der beruflichen Strahlenexposition durch Radonzerfallsprodukte in den neuen Bundesländern
- Identifizierung radonbetroffener Gebiete
- Radon-Gehalt von Trinkwasser
- Qualitätskontrolle der Überwachungsmessungen natürlicher und künstlicher Strahlung/Leitstellentätigkeit
- Weiterführung der Grundpegelmessungen – Erstellung einer gesamtdeutschen ODL-Karte
- Schaffung eines Konzeptes zur vergleichenden Bewertung der karzinogenen Risiken durch chemische Noxen und Strahlung.

Mit dem vorliegenden Jahresbericht stellt sich das BfS der Wissenschaft und der Öffentlichkeit, um zu informieren und Rechenschaft über das Geleistete abzulegen. Trotz personeller Einsparungen konnte das Amt seinem gesetzlichen Auftrag, der Unterstützung des BMU in seiner Verantwortung für den Strahlenschutz, die kerntechnische Sicherheit und die Entsorgung radioaktiver Abfälle, nachkommen. Dies gilt gleichermaßen für die diese Verantwortungsbereiche begleitende Forschung des Amtes sowie für die Betreuung entsprechender Forschungsvorhaben mit Mitteln aus dem UFO-Plan des BMU.

Professor Dr. Alexander Kaul

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Aufbau



Vakatseite



# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Standorte des BfS und seiner Außenstellen

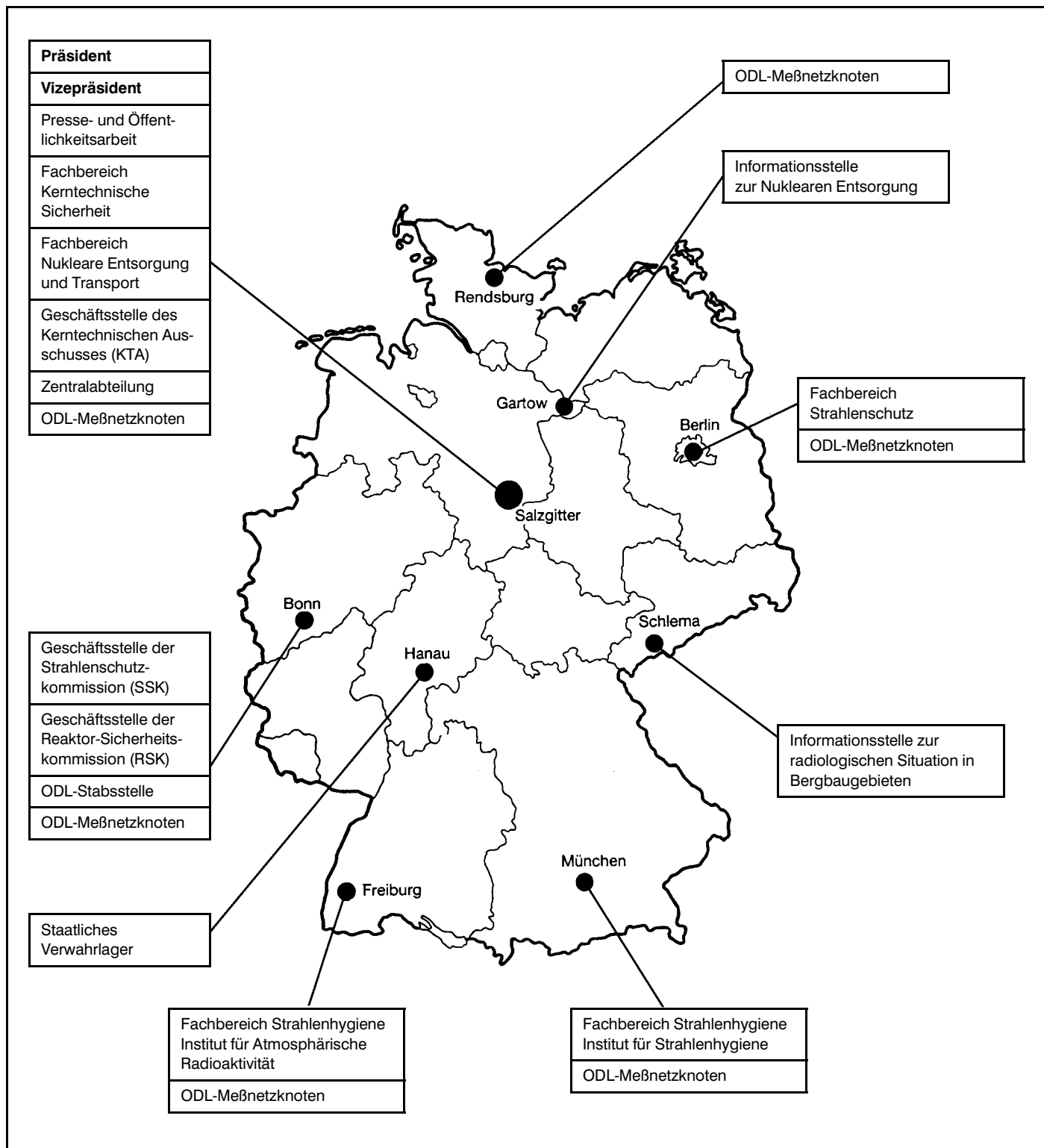


Abbildung A-1 Standorte des Bundesamtes für Strahlenschutz und seiner Außenstellen.

Vakatseite

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Die Instrumente für die Information der breiten Öffentlichkeit und der Medien wurden im Berichtsjahr aktualisiert und ergänzt. Dies betrifft

- Broschüren,
- Falt- und Infoblätter,
- Poster und
- Grafiktafeln für Messen und Ausstellungen.

Das BfS pflegte die Kontakte zur breiten Öffentlichkeit und konnte sie ausbauen. Dies geschah durch

- Beantwortung telefonischer und schriftlicher Anfragen,
- Betrieb eines Bürgertelefons,
- Beteiligung an T-Online und Internet als Anbieter,
- Beteiligung an Messen und Ausstellungen,
- Betreuung von Besuchern in den Informationsstellen in Gartow und Schlema,
- Vorträge,
- Journalistengespräche sowie
- Rundfunk- und Fernsehinterviews.

### Pressemitteilungen

In der Berichtszeit erschienen 40 Pressemitteilungen zu aktuellen Tagesfragen.

### Medienkontakte

Das BfS wird von den Medien intensiv um Auskunft zu aktuellen Fragen im Bereich der Amtsaufgaben gebeten. Zahlreiche Life-Interviews fanden mit Mitarbeitern des BfS statt. Das Interesse der Medien war im Berichtszeitraum ähnlich wie im Vorjahr gerichtet auf die gesundheitlichen Wirkungen elektromagnetischer Felder von Mobilfunkanlagen und Hochspannungsleitungen im Zusammenhang mit der seit Januar 1997 geltenden Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV),

Vorbeugung und Schutz vor gesundheitlichen Wirkungen der ultravioletten Strahlung. Ein weiterer Schwerpunkt waren Transporte radioaktiver Stoffe unter dem Stichwort „CASTOR-Transporte“.

Durch die öffentliche Diskussion im Zusammenhang mit der vorgesehenen Novellierung des Atomgesetzes rückten zunehmend wieder Fragen der Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfallstoffe in den Blickpunkt des Interesses, insbesondere das Endlagerkonzept in Deutschland, die Abfallmengen und -spezifikationen.

Standortbezogen wird die Pressearbeit auch von den Informationsstellen Gartow und Schlema durchgeführt. Die Medienkontakte der Informationsstelle Gartow erhöhten sich auch 1997 deutlich gegenüber den Vorjahren. Hauptsächlich ging es um die CASTOR-Transporte und um den Arbeitsfortschritt bei den Erkundungsarbeiten im Salzstock Gorleben. Mit wechselnden Schwerpunkten im Verlauf des Jahres konzentrierten sich die Berichterstattungen der Medienvertreter auf folgende Themen:

- Transport von abgebrannten Brennelementen und Großquellen in das industrielle Brennelementzwischenlager Gorleben,
- Transport radioaktiver Stoffe und Abfälle,
- Stand der Erkundungsarbeiten der Bundesrepublik Deutschland zum Erkundungsobjekt Salzstock Gorleben,
- rechtliche Situation und Klageverfahren einschließlich der Erlangung der Salzrechte im Rahmen des Erkundungsprogramms,
- Bohrprogramm und reflexionsseismische Untersuchungen im Bereich Dömitz-Lenzen,
- allgemeine Standortdiskussion.

### T-Online und Internet

Das BfS ist seit Mai 1996 Anbieter in T-Online, dem Online-Dienst der Telekom, un-

ter der Adresse \*bfs# und seit Oktober 1996 Anbieter im Internet unter der Adresse <http://www.bfs.de>. Angeboten werden Informationen über das BfS, Pressemitteilungen und weitere Texte von allgemeinem Interesse. Ferner werden aktuelle Werte des UV-Index (UVI) und der Umwelt-radioaktivität (Deutschlandkarte der Ortsdosisleistung und der Aktivitätskonzentration in Luft) angeboten. Diese Karten werden regelmäßig aktualisiert.

Das Angebot im Internet wurde im Berichtsjahr wesentlich erweitert. Die wichtigsten Info- und Faltblätter sowie das Atomgesetz und die Strahlenschutzverordnung sind nunmehr als Volltext abrufbar.

Im T-Online waren in der Zeit bis zum Ende Dezember rund 8.000 Zugriffe zu verzeichnen. Rund 800 Nutzer forderten auf diesem Wege Informationsmaterial an. Die Zugriffe zum Internet werden seit April 1997 ausgewertet. Bis zum Jahresende waren es 15.000, wobei die Tendenz der Zugriffszahlen bis zum Jahresende steigend war.

### Öffentlichkeitsarbeit zum UV-Index

Der UV-Index (UVI) ist ein Maß für den Tagesspitzenwert der ultravioletten Strahlung, die am Erdboden erwartet wird. Vorhersagen des UVI erfolgen, damit sich die Bevölkerung auf die zu erwartende sonnenbrandwirksame UV-Strahlung einstellen kann.

Über das Internet und den T-Online-Dienst der Telekom wurden vom Fachbereich Strahlenhygiene bereitgestellte Daten verbreitet. In der Saison – von April bis September – waren dies aktuelle Dreitages-Prognosen für den Norden, die Mitte und den Süden Deutschlands. Erstmals wurden die Prognosen ergänzt durch tagesaktuelle Meßwerte der UV-Strahlung von insgesamt 8 UV-Meßstationen. Neben den 4 Stationen aus dem Meßverbund BfS/UBA lieferten auch Stationen des DWD und anderer Institutionen Daten. Für die Herbst- und Wintermonate wurde ab Oktober eine monatliche Prognose des UVI verbreitet.

## Das Bundesamt für Strahlenschutz

### Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Neben dem UVI wurden auch Schutzhinweise, Informationen über verschiedene Hauttypen und saisonale Hinweise zu relevanten Themen der UV-Strahlungssituation gegeben. Persönliche Schutzmaßnahmen können daraus individuell abgeleitet werden. Außerdem wurden während der Herbst- und Wintermonate Hinweise zur UV-Belastung in Fernreisezielen gegeben.

Für die Zielgruppe „Strandurlauber“ wurden auch in diesem Jahr wieder Verteilaktionen verschiedener Faltblätter zum Thema UV-Strahlung durchgeführt: 60.000 Exemplare wurden in Urlaubsmagazinen und -zeitschriften von Schleswig Holstein und Mecklenburg-Vorpommern verteilt. Über die bundesweite Monatszeitschrift „Globus“ wurden zum Thema „UV-Strahlung“ 30.000 Exemplare der StrahlenThemen als Sonderaktion als Beilage verbreitet.

Darüber hinaus wurde das Thema UV-Strahlung in 5 Pressemitteilungen und 2 Monatsbeiträgen des BfS-Bürgertelefons aufgegriffen.



**Abbildung A-1**

Bundesumweltministerin Dr. Angela Merkel bei der Einweihungsfeier des neuen Dienstgebäudes in Salzgitter-Lebenstedt am 27. Oktober 1997

### Beantwortung von Anfragen

7.663 Anfragen hat das Referat im Berichtsjahr beantwortet, die per Post – zunehmend per eMail – und über T-Online das Amt erreichten. Diese kamen aus allen Kreisen der Bevölkerung, von kommunalen Gremien, Lehrern, Schülern, Verbänden und Medien. Die Bevölkerung hinterfragte insbesondere mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen durch die ultraviolette Strahlung der Sonne. Weitere Interessenschwerpunkte waren unverändert mögliche Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden, die von niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern, von Handfunkgeräten und von Mikrowellenkochgeräten ausgehen könnten. Viele Anfragen betrafen Informationen über die Endlagerung radioaktiver Abfälle, über das ERAM, das Erkundungsbergwerk Gorleben und die Schachanlage Konrad, CASTOR-Transporte, Informationen über Umweltradioaktivität (Pilze, Holzimporte aus osteuropäischen Ländern, Aufenthalt in Ländern des ehemaligen Ostblocks), Sicherheit der

Kernkraftwerke sowie die radiologische Bewertung bergbaulicher Altlasten. Neu hinzu kamen Fragen nach der Radioaktivität in Schmucksteinen.

### Info- und Faltblätter, Poster

Im BfS werden zu häufig nachgefragten Themen Kurzinformationen in Form von Infoblättern herausgegeben. 1997 wurden sechs Infoblätter neu erarbeitet bzw. aktualisiert. Aufgrund des Umzugs in das neue Gebäude in Salzgitter-Lebenstedt und der damit verbundenen Adressenänderung mußte außerdem das gesamte Informationsmaterial schrittweise überarbeitet werden. In diesem Rahmen wurden 12 Poster aktualisiert bzw. neu aufgelegt. Insgesamt wurden im Jahre 1997 über 350.000 Faltblätter gedruckt und kostenlos abgegeben. Dabei wurden über die bundesweite Monatszeitschrift des BUND „Globus“ über 5 Monate insgesamt 75.000 Exemplare der StrahlenThemen als Einlageblatt eingheftet verteilt. Im 2. Halbjahr war eine erhöhte Nachfrage nach den vom BfS herausgegebenen Postern

(ca. 2.700 Anfragen) zu verzeichnen. Insgesamt wurden etwa 36.000 Poster überwiegend von Schulen, Universitäten und Fachhochschulen, Umweltbeauftragten und Verbänden angefordert.

### Bürgertelefon

Der unter der Rufnummer 0130/82 07 08 eingerichtete telefonische Service wurde von der breiten Öffentlichkeit auch 1997 gut angenommen. Themen 1997:

- Mobilfunk.
- UV-Strahlung und Wintersport.
- CASTOR-Transporte.
- Natürliche Umweltradioaktivität.
- Sonnenschutz und UV-Index.
- Krebs durch Handys?
- Strahlenbelastung bei Flugreisen.
- Das Strahlenschutzregister.
- Anreicherung radioaktiver Stoffe in Pilzen.

## Das Bundesamt für Strahlenschutz

### Presse- und Öffentlichkeitsarbeit



**Abbildung A-2**  
Neues BfS-Dienstgebäude, Innenhof.

- BfS bezieht neues Dienstgebäude in Salzgitter.
- Abstrahlung von Handys ungefährlich.

Zwischen 3.500 und 4.000 Anrufe wurden monatlich registriert. Das meiste Interesse fand der Beitrag zum Thema „Krebs durch Handys“ mit mehr als 4.800 Anrufen.

Wegen der Änderungen im Rahmen der Privatisierung der Telekommunikationsdienste erhält das Bürgertelefon ab 1. Januar 1998 die neue Rufnummer 0800/8 85 11 11. Anrufe sind weiterhin für den Bürger kostenlos.

### Messen und Ausstellungen

An folgenden fünf Messen beteiligte sich das BfS im Berichtsjahr:

#### *didacta 97*

Düsseldorf, 17. bis 21. Februar 1997  
75.000 Besucher zählte die internationale Bildungsmesse. Das BfS präsentierte sich mit den Schwerpunktthemen „Umwelt-radioaktivität“, „Mobilfunkkommunikation“

und „Elektrische und Magnetische Felder“. Über die in der Aus- und Weiterbildung Beschäftigten konnte eine gute Streuung des BfS-Infomaterials erreicht werden. An einem Terminal konnten die Besucher die aktuellen BfS-Seiten in T-Online und Internet kennenlernen.

#### *terratec*

Leipzig, 4. bis 7. März 1997  
Die Ermittlung der Umweltradioaktivität aus bergbaulicher Tätigkeit in den neuen Bundesländern und „Radon in Gebäuden“ bildeten das Hauptthema bei dieser Messebeteiligung. Auf dem neuen Messegelände in Leipzig konnte das BfS sein Aufgabenspektrum in gutem Rahmen den Besuchern aus 37 Ländern präsentieren.

#### *Interschul 97*

Berlin, 8. bis 11. April 1997  
Auf der zweiten großen Bildungsmesse erschloß das BfS eine weitere Gruppe von Multiplikatoren mit den Themen „Endlagerung radioaktiver Abfälle“, „Mobilfunk“ und „Elektrische und Magnetische Felder“. Die 27.000 Besucher kamen erwartungsgemäß zu einem großen Teil aus den neuen Bundesländern. Die vom BfS angebotenen Informationen wurden gut angenom-

men. Die Informationen des BfS in T-Online und Internet konnten zahlreichen Interessenten nähergebracht werden.

#### *Hannover Messe*

Hannover, 14. bis 19. April 1997  
Das Schwerpunktthema dieser Messebeteiligung hieß „Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben“. Die Besucher des BfS-Messestandes (insgesamt besuchten die Messe 305.000 Besucher) interessierten sich vor allem für rechtliche und technischen Lösungen der Endlagerung der radioaktiven Abfälle. Neben der Beantwortung dieser Fragen konnten die BfS-Mitarbeitern zu den weiteren Aufgaben des Amtes Auskünfte erteilen.

#### *geotechnica*

Köln, 13. bis 16. Mai 1997  
Auf der internationalen Fachmesse für Geowissenschaften und Geotechnik präsentierte das BfS die gewonnenen Erkenntnisse aus der Erkundung des Salzstockes Gorleben auf seine Eignung als Endlager für radioaktive Abfälle. Neben diesem Schwerpunktthema stießen auch alle weiteren Informationen zu den Bereichen Endlagerung in tiefen geologischen Schichten bei den Besuchern auf lebhaftes Interesse. Mit dieser Messebeteiligung versuchte das BfS, der Fachwelt seine international anerkannte Kompetenz auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle darzustellen.

#### *Dauerausstellung im BfS-Neubau in Salzgitter*

Im Neubau des BfS wurde eine frei zugängliche Dauerausstellung eingerichtet. Das vordringliche Ziel dieser Ausstellung ist die Information des Bürgers über das Aufgabenspektrum des BfS und seine Lösungsansätze. 21 Ausstellungstafeln, ein Modell zur Verdeutlichung des Vorhandenseins natürlicher Radioaktivität und ein Multimediapunkt decken die Themen „Aufgaben des Amtes“, „Organisation des Amtes“ und „Standorte des BfS“ ab. Der Multimediapunkt läßt zudem einen Online-Zugriff auf die Internet-Seiten des BfS zu. Eingebunden in die Multimedia-Präsentation sind Videofilme zu Aufgaben des Amtes. Die Ausstellung ist von 9.00 Uhr bis 15.00 Uhr (freitags bis 14.00 Uhr) und nach Vereinbarung geöffnet.

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

### Standortbezogene Öffentlichkeitsarbeit

#### Gorleben

Die Informationsstelle zur Nuklearen Entsorgung in Gartow (Elbe) wurde im Berichtsjahr von 3.928 Personen besucht. Die Besucherzahl setzte sich neben den Einzelbesuchern aus 132 Gruppen mit insgesamt 2.920 Besuchern zusammen. Schulklassen aus Niedersachsen und den angrenzenden Bundesländern sowie die zunehmende Zahl der Lehrerfortbildungsveranstaltungen aus dem gesamten Bundesgebiet führten zum Besuch von 71 Gruppen aus dem Bildungsbereich mit insgesamt 1.614 Besuchern.

Die Informationsstelle ist für jeden Besucher innerhalb der üblichen Bürozeiten ohne Anmeldung zugänglich. Vereinbarte Besuchstermine sind auch außerhalb der normalen Öffnungszeiten und an den Wochenenden möglich.

#### Schulkontakte

Obwohl die Informationsstelle 1997 eine deutliche Steigerung an Schulkontakten aufweisen konnte, brach der Kontakt zu den Schulen im Landkreis Lüchow-Dannenberg, bis auf wenige Ausnahmen, im Zusammenhang mit den CASTOR-Transporten in das Zwischenlager in Gorleben ab. Die Lehrerschaft im Landkreis ist zum Teil stark im Widerstand engagiert und nahm das Informationsangebot für die Schulklassen 1997 nicht an. Dieser Umstand läßt vermuten, daß eine Versachlichung der Themen „Entsorgung“ und „Transporte“ nicht gewünscht wurde. Auffallend ist diese Entwicklung, weil bis zum Beginn der Einlagerung fast alle Abschlußklassen der Schulen des Landkreises das Informationsangebot nutzten und die Gesprächsbereitschaft der Schüler als durchaus gut zu bewerten war.

Völlig anders verhielten sich die Schulen im Nahbereich außerhalb des Landkreises Lüchow-Dannenberg. Durch die CASTOR-Transporte erhöhte sich der Wunsch nach

Informationsmöglichkeiten. Sowohl aus Niedersachsen als auch aus den angrenzenden Bundesländern stieg die Anzahl der Gruppenbesuche und die der Besucher gegenüber dem Vorjahr.

Von den 71 Gruppen aus dem Bildungsbereich waren 10 Gruppen im Rahmen von Lehrerfortbildungsveranstaltungen in Gartow und 52 Schulklassen. Neben einer Lehrerfortbildungsveranstaltung mit Hochschullehrern kamen zusätzlich von den Universitäten weitere 9 Studentengruppen.

Nur 4 Schulklassen aus dem Landkreis Lüchow-Dannenberg besuchten 1997 die Informationsstelle. Aus dem Nahbereich jenseits der Landkreisgrenzen informierten sich 21 Schüler- bzw. Studentengruppen. Aus Sachsen-Anhalt kamen 21 Lehrer- und Schülergruppen; darunter waren 8 Schulklassen aus dem Jahn-Gymnasium Salzwedel.

Mit steigender Tendenz wurde in den neuen Bundesländern der Besuch der Informationsstelle in den Unterricht integriert. Für Klassenfahrten wurden die Buskosten durch das BfS bezuschußt.

Die übrigen Schulkontakte verteilten sich auf das gesamte Bundesgebiet. Neben den Lehrerfortbildungsveranstaltungen des Landes Sachsen-Anhalt, dort wurde der Besuch der Informationsstelle in Gartow fest in das Programm aufgenommen, wurden 6 Veranstaltungsdurch die Energiewirtschaft (Badenwerke, RWE, Schleswig) mit einem Besuch in Gartow durchgeführt.

#### Besucherguppen

Die übrigen 61 Besuchergruppen mit insgesamt 1.306 Personen kamen aus sehr unterschiedlichen Bereichen. BGS, Polizei und Bundeswehr; Fachbesucher sowie Vertreter internationaler Organisationen rundeten eine Besichtigung der Anlagen in Gorleben mit einem Besuch der Informationsstelle ab; aber auch Feriengäste, die einen Wiederholungsbesuch im Familien- oder Freundeskreis vereinbarten, gehörten ebenso wie kirchliche Gruppen zum allgemeinen Besucheraufkommen. Die politischen Parteien besuchten die Infor-

mationsstelle in Gartow in Form von Ortsverbänden, Fraktionen oder als Gemeinderäte. Hierzu gehörte auch der Besuch des Umweltausschusses des Landtages von Mecklenburg-Vorpommern. Unternehmen nutzten das Informationsangebot mit ihren Mitarbeitern und Auszubildenden. Zu dieser Gruppe zählten auch Besuche von Gewerkschaften oder Betriebsräten. Vereine jeglicher Art (Berufsgruppen, Landwirtschaft, Naturschutz, Mittelstand/Gewerbe, Sport) kamen häufig nach Gartow, weil ein Mitglied als Gruppenteilnehmer oder Einzelbesucher bei einem vorhergehenden Besuch die Informationsstelle kennenlernte.

#### Informationsinhalte

Schwerpunkthemen der Informationsarbeit waren die CASTOR-Transporte – die sich am Standort Gorleben zu einem Dauerthema entwickelten – und der Arbeitsfortschritt im Erkundungsbergwerk auf der 840-m-Sohle, sowie der Abschluß der Abteufarbeiten im Schacht 1. Zur Verdeutlichung der Aufgaben des BfS bei der Erkundung des Salzstocks Gorleben wurde zum Erkundungsprogramm eine Videodokumentation mit einer Länge von 15 Minuten erstellt. Diese Dokumentation wird in der Ausstellung in Gartow gezeigt, kann aber auch bei den Landesfilmdiensten kostenlos ausgeliehen werden. Die Videokassette wurde an die Landesfilmdienste Mitte des Jahres ausgeliefert und im ersten Quartal bereits 50mal ausgeliehen. Die Anzahl der Ausleihungen stieg im zweiten Quartal auf 104. Insgesamt wurde durch die Beauftragung der Landesfilmdienste der aktuelle Stand der Erkundungsarbeiten am Salzstock Gorleben einem zusätzlichen Personenkreis von 1.694 Zuschauern bundesweit vorgestellt. Überwiegend wurde der Film von Schulen entliehen. Die Eignung des Films wurde in den Auswertungen, die quartalsweise von den Landesfilmdiensten durchgeführt wurden, bei den insgesamt 154 Entleihungen in der Mehrheit mit gut bis sehr gut geeignet bewertet. Dieses Anfangsergebnis überstieg bei weitem die Erwartungen.

Die Zusammenarbeit mit der Konferenz der Landesfilmdienste führte auch deutlich zu einer Steigerung der Nachfragen nach

## Das Bundesamt für Strahlenschutz

### Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

zusätzlichem Informationsmaterial, das auf Anforderung kostenlos von unserer Informationsstelle in Gartow versandt wurde.

Zur Erweiterung des Filmangebotes wurde Ende 1997 ein Film über die Einlagerung radioaktiver Abfälle in das Endlager Morsleben (ERAM) fertiggestellt. Dieser Film wird auch über die Landesfilmdienste angeboten, so daß das BfS neben der Erkundung eines zukünftigen Standortes nun auch die Nutzung eines Standortes für die Einlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle bundesweit als Videodokumentation für jeden Interessierten kostenlos anbietet.

Das Informationsangebot in der ständigen Ausstellung in den Räumen der Informationsstelle wurde auch 1997 den wechselnden Bedürfnissen der Besucher angepaßt und überarbeitet.

1997 erschienen von den Gorleben-Infos zum Stand der Erkundungsarbeiten 3 weitere Ausgaben (Nr. 58 bis 60) in einer Auflage von jeweils 300 Exemplaren. Die Infos wurden unter anderem über einen festen Verteiler an 205 Personen versandt. Auch zukünftig werden die Gorleben-Infos die Besonderheiten und den Stand der Arbeiten redaktionell begleiten.

#### Konrad

1997 besuchten Insgesamt 179 Gruppen mit 2.289 Teilnehmern die Schachtanlage Konrad, davon zahlreiche Gruppen von Verbänden oder Vereinen und mit Schü-

lern oder Lehrkräften. Die Besucherbetreuung auf Schacht Konrad wurde im wesentlichen durch die DBE wahrgenommen. Insbesondere bergmännische Aktivitäten wurden den Besuchern des Bergwerks vorgestellt. Bei einigen relevanten politischen Gruppen, Lehrern und Journalisten begleiteten PÖ-Mitarbeiter die Grubenfahrt und standen in der Diskussion zur Verfügung.

#### Morsleben

Im vergangenen Jahr nutzten 2197 Personen in 184 Gruppen die Möglichkeit, sich vor Ort über das Endlager für radioaktive Abfallstoffe (ERAM) zu informieren. Einen großen Prozentsatz der Gruppen bilden Vereine/Verbände, Schüler und Studenten.

#### Schlema

Die Informationsstelle zur radiologischen Situation in Bergbaugebieten des Bundesamtes für Strahlenschutz in Schlema informierte 1997 2.100 Besucher über den Stand der Erfassung, Untersuchungen und Bewertung bergbaulicher Hinterlassenschaften sowie die Radonproblematik. Darunter befanden sich 51 Besuchergruppen mit insgesamt 1.150 Personen. Der leichte Rückgang ist begründet durch die personelle Situation sowie umfangreiche Bauarbeiten am Gebäude und im Umfeld, die im 2. Halbjahr zunehmend die Erreich-

barkeit der Informationsstelle erschweren.

Höhepunkt im Berichtszeitraum war die Pressekonferenz mit dem Parlamentarischen Staatssekretär im BMU U. Klinkert zum Stand des Projektes „Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Hinterlassenschaften“. In diesem Rahmen wurde die 4. Broschüre zur Information der Öffentlichkeit der Presse vorgestellt.

In einer Veranstaltung mit Bürgern, Politikern sowie Vertretern von Presse und Behörden konnte im November das fünfjährige Bestehen der Informationsstelle gefeiert werden.

Mit Vorträgen und Ausstellungen im Rahmen der sächsischen Gesundheitswoche, der Umweltwoche des Vogtlandkreises und an der Seniorenuniversität der TU Chemnitz wurde der Bekanntheitsgrad der Informationsstelle in der Bevölkerung weiter erhöht.

Die Fragen von Einzelbesuchern konzentrieren sich auf folgende Schwerpunkte:

Bewertung erhöhter Radonkonzentrationen in Wohnräumen sowie Maßnahmen zu deren Reduzierung.

Ungebrochen ist das Interesse der Bevölkerung bezüglich der Auswirkungen des Wismut-Bergbaus auf die Umwelt, des Sanierungsfortschritts sowie auf ehemalige Beschäftigte. Der Erfolg unserer Infomaterialien zu diesen Themen bestätigt das Interesse an Aussagen des BfS als neutraler Einrichtung.

Vakatseite



## Das Bundesamt für Strahlenschutz

### Organisationseinheit Eigenüberwachung

Das Bundesamt für Strahlenschutz als die für die Errichtung und den Betrieb von Bundesendlagern zuständige Behörde hat neben der Aufgabe, den Betrieb des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) gemäß § 9 a Abs. 3 Satz 2 AtG zu führen, wobei es sich dabei der Deutschen Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) als Dritter bedient, im Wege der Eigenüberwachung sicherzustellen, daß

- die Bestimmungen der Dauerbetriebsgenehmigung vom 22. April 1986 (DBG) unter Wahrung der insbesondere im § 1 AtG festgeschriebenen Schutzziele eingehalten werden,
- nicht gegen das Atomgesetz oder die auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen verstoßen wird und
- Auflagen eingehalten und die aus der GRS-Sicherheitsanalyse für das Endlager Morsleben abgeleiteten Empfehlungen beim weiteren Betrieb im ausreichenden Maße berücksichtigt werden.

Die Beaufsichtigung wird von der Organisationseinheit „Eigenüberwachung Endlager Morsleben“ des Bundesamtes für Strahlenschutz wahrgenommen. Diese Organisationseinheit vollzieht die Eigenüberwachung weisungsfrei und unterliegt der Fach- und Rechtsaufsicht des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Seit der Übernahme des Endlagers Morsleben durch das BfS am 3. Oktober 1990 wurden als Ergebnis einer Sicherheitsanalyse, die von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) im Auftrag des Bundesumweltministeriums erstellt worden war, vorsorglich Maßnahmen eingeleitet, die zur Optimierung betrieblicher Aspekte beigetragen haben. Die Überwachungs- und Inspektionstätigkeit erstreckte sich auch im Jahr 1997 u. a. auf die Prüfung der Umsetzung dieser Empfehlungen

sowie auf Vorgänge im Zusammenhang mit dem laufenden Einlagerungsbetrieb.

Im Jahr 1997 wurden von der Eigenüberwachung ca. 40 Änderungsanträge des Betreibers bearbeitet. Diesen Anträgen wurde als Änderungen der Kategorie 1 und 2 nach der Qualitätsmanagement-Verfahrensweisung zugestimmt, da es sich um keine planfeststellungsbedürftigen Änderungen i. S. d. § 9 b AtG handelte. Sie dienen hauptsächlich der Optimierung des Betriebes sowie der Anpassung einzelner Anlagenkomponenten an den Stand der Technik.

Die Überwachung der Auswirkungen des Anlagenbetriebes auf die Umgebung erfolgt auf der Basis der „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI)“. Die Umgebungsüberwachungsprogramme sowohl des Betreibers als auch des als unabhängige Meßstelle beauftragten Landesamtes für Umweltschutz (LAU) entsprechen dieser Richtlinie.

Aus den Überwachungsergebnissen geht hervor, daß durch den Betrieb der Anlage keine nennenswerten Auswirkungen auf die Umgebung feststellbar sind.

Die vom Betreiber ermittelten Meßwerte der Ableitungen radioaktiver Stoffe mit den Abwettern konnten durch betreiberunabhängige Kontrollmessungen weitgehend bestätigt werden.

Im Jahr 1997 wurden ca. 11 m<sup>3</sup> Betriebsabwasser aus dem Kontrollbereich abgegeben. Hierbei handelt es sich um gering kontaminierte Abwasserchargen, die entsprechend den Regelungen der Strahlenschutzverordnung freigemessen werden konnten. Über die spezielle Kanalisation wurde kein Abwasser abgegeben.

Eine Überprüfung der Dokumentation der im Endlager zwischengelagerten/endgelagerten radioaktiven Abfälle wurde von der Eigenüberwachung in Auftrag gegeben. Das Ergebnis dieser Überprüfung wurde

vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt e. V. im Juli 1997 vorgelegt.

Die Eigenüberwachung hat an allen Freigabehandlungen von zustimmungs- und freigabepflichtigen Anlagen und Technologien mit atomrechtlicher Relevanz teilgenommen. Dies betraf u. a. Anlagen zur Strahlenschutzüberwachung, spezielle Lüftungstechnik, Transport- und Umschlageinrichtungen für den Einlagerungsbereich im Ostfeld der 4. Sohle sowie Sicherungsanlagen zum physischen Schutz.

Zu allen bergrechtlichen Betriebsplänen wurden Stellungnahmen abgegeben, in denen eine Untersuchung der angezeigten Tätigkeiten auf die Einhaltung radiologischer Arbeitsschutzaspekte enthalten ist.

Regelmäßig fanden mit der zuständigen Planfeststellungsbehörde (MRLU-ST) Statusgespräche statt, die u. a. auch der Information zum Betriebszustand der Anlage und zu den Ergebnissen der Überwachungstätigkeit dienten.

Für das geplante Endlager KONRAD, dessen Planfeststellungsbeschluß demnächst zu erwarten ist, wurde die Eigenüberwachung als atomrechtliche Aufsicht von der Genehmigungsbehörde (NMU-Hannover) zwecks Abstimmung der über 200 vorgesehenen atomrechtlichen Nebenbestimmungen des Planfeststellungsbeschlusses eingeschaltet. Dieser Abstimmungsprozeß wurde weitgehend abgeschlossen.

Weiterhin wurden seitens der Eigenüberwachung unabhängige Sachverständige mit der Vorprüfung von Unterlagen zur technischen Realisierung einzelner Anlagenteile des geplanten Endlagers KONRAD beauftragt. Diese Vorprüfungen haben je nach dem Zeitpunkt der Auftragserteilung unterschiedliche Abarbeitungsstände.

Vakatseite

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Organisationseinheit Qualitätsüberwachung

### Verantwortungsbereich

Die Zuständigkeit der Qualitätssicherungsüberwachung (QSÜ) ist auf endlagerrelevante Aufgaben und hier auf die Planung, Beschaffung, Herstellung, Inbetriebnahme und den Betrieb (einschließlich Stilllegung) der Anlagenteile, Systeme und Komponenten begrenzt.

Der Vizepräsident ist für die Belange des Qualitätsmanagements verantwortlich und wird dabei von der Organisationseinheit „Qualitätssicherungsüberwachung“, der die operativen Aufgaben obliegen, unterstützt. Die QSÜ-Stelle ist als besondere Organisationseinheit mit eigener Richtlinienkompetenz direkt dem Vizepräsidenten unterstellt. Die QSÜ-Stelle ist im übrigen im Rahmen ihrer Aufgabe unabhängig und fachlich nicht weisungsgebunden.

Die Qualität der endzulagernden Abfälle sichert die Produktkontrolle.

### Aufgaben

Die QSÜ-Stelle ist für das Qualitätsmanagement-(QM-)System verantwortlich. Ihre wesentlichen Aufgaben sind:

Pflege und Aktualisierung des QM-Handbuchs,

Überwachung der Anwendung und Wirksamkeit des QM-Systems durch stichprobenartige Überprüfung (interne Auditierung),

Überprüfung des QM-Systems von Auftragnehmern (externe Auditierung),

Auswertung der internen und externen Audit-Ergebnisse und Veranlassung der Behebung eventuell festgestellter Mängel,

Kontrolle von Anwendung und Wirksamkeit des Dokumentationssystems,

Überwachung der Erfüllung der Dokumentationsanforderungen,

Beschaffung von Informationen zur Lösungsfindung bei QM-Maßnahmen,

Sicherung des Erfahrungsrückflusses anläßlich übergeordneter QM-Maßnahmen,

Präsentation des BfS-QM-Systems,

Schulung in QM-Fragen,

Mitarbeit bei der Zuordnung der Anlagenteile, Systeme und Komponenten in QS-Bereiche,

Mitwirkung bei der Festlegung von Qualitätsforderungen sowie

Vorbereiten des QM-Reviews.

### Arbeitsschwerpunkte

1997 ist das QM-Handbuch für die endlagerrelevanten Arbeiten überarbeitet und mit Stand 15. Mai 1997 in Kraft gesetzt worden. Die Verfahrensanweisungen sind um die „Personalqualifikation“, „Bewertung der Projektabwicklung“ und „Lenkung der Dokumente“ erweitert worden. Die Auftragnehmerliste wurde mit dem Sachgebiet „Endlagerspezifische Beschaffungen“ aktualisiert.

An der Erstellung des BGR-QM-Handbuchs wurde mitgearbeitet. Für alle Mitarbeiter der BGR, die in Endlagerarbeiten eingebunden sind, ist erstmals eine Schulung im Zusammenhang mit der Einführung des QM-Systems durchgeführt worden.

Die qualitätsmanagementrelevanten Genehmigungsunterlagen für das Planfest-

stellungsverfahren Konrad wurden revidiert.

Die Deutsche Gesellschaft für den Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe wurde erneut auditiert. Abweichungen wurden nicht festgestellt.

Mit Prof. Dr. W. Willborn (Winnipeg, Kanada) und der DBE fand ein Erfahrungsaustausch über Integrierte Managementsysteme und Auditfragen statt.

Die Mitarbeit im Lenkungsgremium der NIS-Zert ist fortgesetzt worden, um einerseits QM-Entwicklungen und ihre Auswirkungen gezielt verfolgen und andererseits den Erfahrungsaustausch mit den anderen Gremiumsmitgliedern pflegen zu können.

In der Arbeitsgruppe 15 „Elemente zur Sicherung und Optimierung der Zuverlässigkeit“ der Deutschen Gesellschaft für Qualität e. V. (DGQ) ist die Mitarbeit fortgesetzt worden. Ziel der Arbeitsgruppe ist es, die Forderungen des Zuverlässigkeitsmanagements (DIN ISO 9000 Teil 4) mit den Forderungen des Qualitätsmanagements (DIN ISO EN 9001) zu verbinden.

In der Arbeitsgruppe 126 „Organisation des Qualitätsmanagements“ der Deutschen Gesellschaft für Qualität e. V. (DGQ) ist die Mitarbeit begonnen worden. Ziel der Arbeitsgruppe ist es, den DGQ Band 12–61 „Aufbauorganisation des Qualitätswesens“ zu überarbeiten.

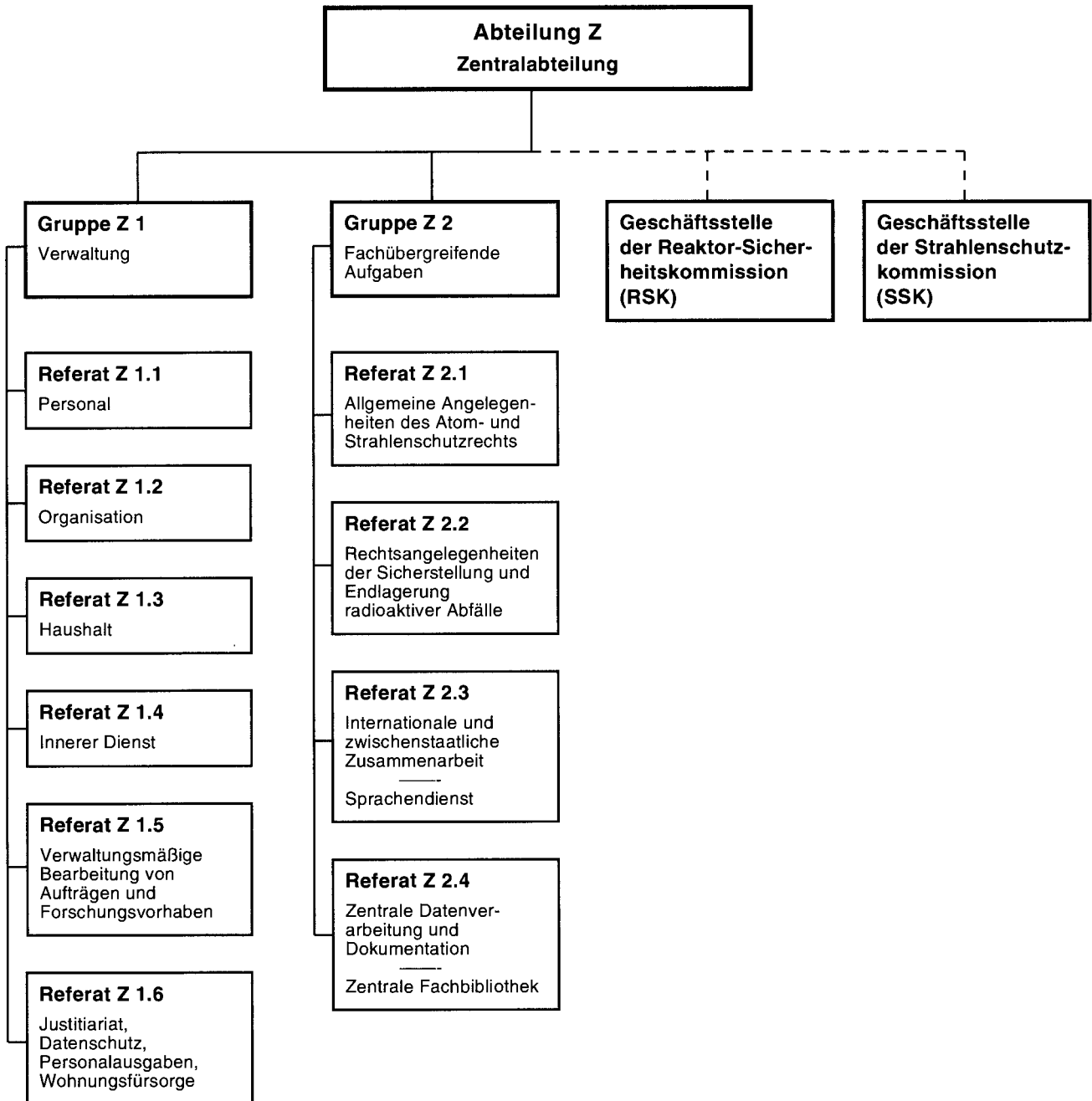
In dem Komitee K 132 „Zuverlässigkeit“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) ist die Mitarbeit begonnen worden. Das Komitee befaßt sich mit der Normung auf dem Gebiet der technischen Zuverlässigkeit.

Bei der IAEA in Wien wurde an dem Entwurf des technischen Dokuments „Quality Assurance for Research and Development“ mitgearbeitet.

Vakatseite

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Die Zentralabteilung



Vakatseite

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Die Zentralabteilung

### Referat Z 1.1 Personal

1997 wurden 14 Mitarbeiterinnen und 22 Mitarbeiter neu eingestellt, überwiegend auf der Grundlage befristeter Arbeitsverträge. Die **Tabelle A-1** zeigt die Gesamtzahl der Beschäftigten zum Ende des Berichtszeitraumes sowie ihre Verteilung auf die Dienstorte sowie auf die Laufbahnen.

Im Vergleich zum Vorjahr ist der Anteil bei Schwerbehinderten auf 8,33 % angestiegen.

Der in diesem Jahr bundesweit öffentlich diskutierte Krankenstand in den Verwaltungen und Betrieben lag mit ca. 5 % (Jahresmittelwert) im BfS deutlich unter dem Bundesdurchschnitt.

Neben dem Frauenförderplan wurde auch eine Leitlinie zum Umgang mit suchtgefährdeten und suchtkranken Beschäftigten im BfS in Kraft gesetzt.

### Referat Z 1.2 Organisation

Im Hinblick auf den Bezug des neuen Dienstgebäudes in Salzgitter im Oktober 1997 wurden die Dienstanweisung für die Schriftgutverwaltung und die Postbearbeitung sowie weitere hausordnende Regelungen neu erarbeitet. Weiterhin wurde die Dienstvereinbarung über die elektronische Erfassung der Arbeitszeit für die Dienststelle Salzgitter mit dem Personalrat abgeschlossen.

Der Stellenbestand belief sich zum Ende des Berichtszeitraumes – unter Berücksichtigung der bis Ende 1997 zu erbringenden Stellenkürzung von 11 Stellen – auf 543. Hinzu kommen zum 1. Januar 1998 67 neue Stellen in Folge der Übernahme des ODL-Meßnetzes.

Dienstort	Höherer Dienst	Gehobener Dienst	Mittlerer Dienst	Einfacher Dienst	Gesamt
Salzgitter	135	64	99	20	318
Berlin	38	14	27	1	80
Neuherberg	77	52	30	8	167
Freiburg	8	2	6	2	18
Hanau	–	4	5	–	9
Bonn	17	2	6	–	25
Schlema	1	–	1	–	2
Gartow	1	–	1	–	3
	277 (45 %)	139 (22 %)	175 (28 %)	31 (5 %)	622 (100 %)

**Tabelle A-1**

Beschäftigte nach Dienstorten und Laufbahnen (Jahresdurchschnitt – Teilzeitbeschäftigte werden wie Vollzeitbeschäftigte gezählt)

Zweckbestimmung	Haushaltssoll 1997
Gesamteinnahmen	546.673
davon Vorausleistungen	474.229
Gesamtausgaben	633.300
davon Personalausgaben	49.307
Sachausgaben	70.521
Investitionsausgaben	513.472
Zusätzlich zur Bewirtschaftung erhaltene Mittel	
Bereich Reaktorsicherheit	44.500
Bereich Strahlenschutz	20.900
Internationale Zusammenarbeit	8.050
Verbesserung der technischen Sicherheit von KKW sowjetischer Bauart	2.551

**Tabelle A-2**

Haushaltsmittel (in TDM) des BfS im Jahre 1997

### Referat Z 1.3 Haushalt

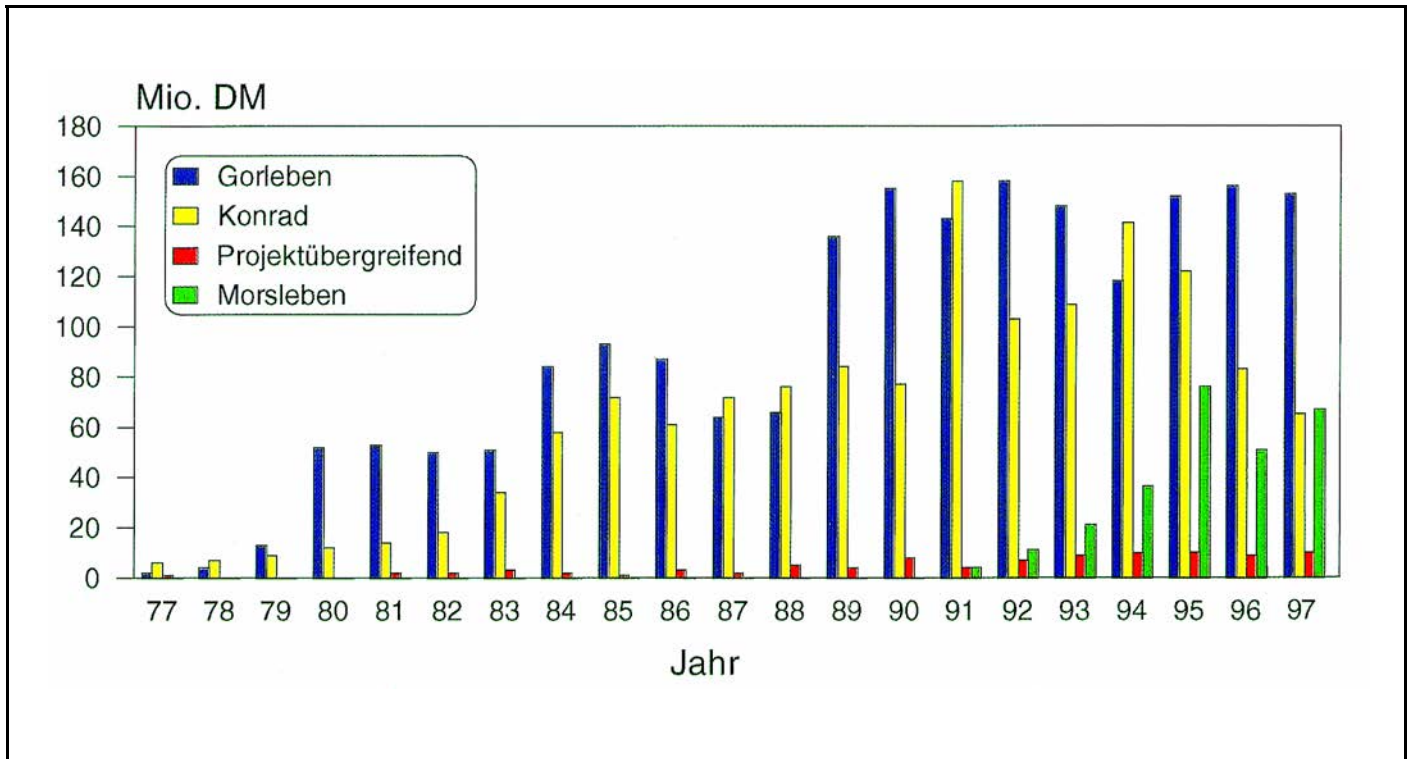
Dem BfS standen 1997 die in **Tabelle A-2** aufgeführten Haushaltsmittel zur Verfügung. Der nach der Endlagervorausleistungsverordnung entstandene notwendige Aufwand für die Errichtung von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in den Jahren 1977 bis 1997 ist getrennt nach Projekten in **Abbildung A-3** dargestellt.

### Referat Z 1.4 Innerer Dienst

Im Oktober 1997 wurden die Arbeiten zur Errichtung des Dienstgebäudes für das BfS in Salzgitter-Lebenstedt nach einer Bauzeit von 31 Monaten abgeschlossen. Mit dem Bezug des Gebäudes am 13. Oktober 1997, fast auf den Tag genau acht Jahre nach Errichtung des Amtes, endete die vorübergehende Unterbringung der Beschäftigten an verschiedenen Standorten in der Region Braunschweig/Salzgitter.

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Die Zentralabteilung



**Abbildung A-3**

Kosten der Endlagerprojekte 1977 bis 1996.

Für die Einlagerung radioaktiver Abfälle im Endlager Morsleben werden zunächst bis zum 30. Juni 2000 von den Ablieferungspflichtigen Entgelte nach Maßgabe öffentlich-rechtlicher Verträge bzw. nach § 21 a Abs. 2 Sätze 8 und 9 AtG erhoben.

Das Gebäude bietet mit seinen Einrichtungen optimale Arbeitsbedingungen für ca. 300 Beschäftigte. Seine feierliche Einweihung erfolgte am 27. Oktober 1997 in Anwesenheit von Frau Bundesministerin Dr. Angela Merkel.

Die Bauarbeiten für den Erweiterungsbau des ISH in Neuherberg sind weit fortgeschritten: Der Stand der Ausbauarbeiten läßt erwarten, daß das Gebäude im 2. Quartal 1998 bezogen werden kann.

Der erste Abschnitt der schrittweisen Sanierung der Liegenschaft Berlin-Karlshorst wurde mit der Erneuerung der Fenster und der Fassade des Hochhauses abgeschlossen.

Mit dem zweiten Abschnitt, der die Innensanierung dieses Gebäudes vorsah, konnte auch 1997 nicht begonnen werden, da die endgültige Entscheidung über den

Termin der nach dem Berlin-Bonn Gesetz vorgesehenen Verlagerung dieser BfS-Außenstelle nach noch nicht gefallen ist. ungeachtet dessen wurde mit umfangreichen Baumaßnahmen begonnen, um die Auflagen der gesetzlichen Brandschutzbestimmungen in diesem Gebäude zu erfüllen.

Die Verlagerung der BfS-Außenstelle Berlin nach Bonn aufgrund des Berlin/Bonn-Gesetzes erfordert einen Neubau in Bonn. Die Planungen hierfür sind erfolgt.

In Freiburg konnte in dem vom IAR bereits genutzten Hauptgebäude so viel Bürofläche angemietet werden, daß sowohl der zusätzliche Bedarf gedeckt als auch der Umzug jener Mitarbeiter realisiert werden konnte, die bis dahin im Nebengebäude untergebracht waren. Damit sind auch in Freiburg alle Mitarbeiter in einem Gebäude vereint.

### **Referat Z 1.5 Verwaltungsmäßige Bearbeitung von Aufträgen und Forschungsvorhaben**

Die Entwicklung der Haushaltsmittel von 1993 bis 1997 für Vorhaben der Ressortforschung (Reaktorsicherheit, Strahlenschutz, Internationale Zusammenarbeit) sowie zur Durchführung von Vorhaben im Auftrag Dritter (z. B. EU, Bundesländer) ergibt sich aus der **Tabelle A-3**.

Über diese Vorhaben hinaus wurden auch 1997 aus dem Investitionstitel des BMU Mittel zur Durchführung von Maßnahmen verwaltet, die insbesondere die Verbesserung der technischen Sicherheitsbedingungen von Kernkraftwerken sowjetischer Bauart zum Ziel haben.



# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Die Zentralabteilung

Haushaltsmittel nach Bereichen	1993	1994	1995	1996	1997
Reaktorsicherheit	44,700	46,575	46,000	44,200	44,500
Strahlenschutz	22,800	22,500	22,500	21,840	20,900
Internationale Zusammenarbeit	13,000	13,275	12,815	10,500	8,050
Drittmittel	1,800	1,850	3,340	2,510	3,550

**Tabelle A-3**

Entwicklung der Haushaltsmittel (in Mio. DM) des BfS von 1993 bis 1997 auf dem Gebiet der Ressortforschung

Jahr	Stammhaushalt	Titelgruppe 02	Titelgruppe 03	Titelgruppe 04
1993	36,771	1,112	7,633	0,732
1994	37,347	1,517	7,994	0,708
1995	39,483	1,574	8,358	0,882
1996	40,354	1,470	7,924	1,074
1997	40,400	1,905	8,133	1,109

**Tabelle A-4**

Entwicklung der Personalausgaben seit 1993 (Haushalts-Ist in Mio. DM)

---

### Referat Z 1.6 Justitiariat, Datenschutz, Personalausgaben

---

Im Berichtszeitraum wurden ca. 100 rechtsgutachterliche Stellungnahmen zu internen Anfragen erarbeitet. Schwerpunkt war die Beteiligung in Vertragsangelegenheiten.

Im Bereich Datenschutz lag der Schwerpunkt der Tätigkeit in der Bearbeitung von Fragestellungen bei der Übergabe und Nutzung des Datenbanksystems „Altlastenkataster“ an die Länder sowie wie schon in den Vorjahren bei der Übernahme von Gesundheitsdaten der Wismut-GmbH.

Aus der **Tabelle A-4** ist die Entwicklung der Personalausgaben in den letzten fünf Jahren ersichtlich (Haushalts-Ist in Millionen DM).

#### Erläuterungen zu den Titelgruppen (TG):

- TG 02: Durchführung von Aufträgen für Bundesbehörden und Dritte
- TG 03: Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle
- TG 04: Staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen

---

### Referat Z 2.1 Allgemeine Angelegenheiten des Atom- und Strahlenschutz- rechtes

---

Im Vordergrund der Referatsarbeit stand auch im Jahr 1997 die Unterstützung der Fachbereiche des BfS im Bereich der allgemeinen und grundsätzlichen Angelegenheiten des Atom-, Strahlenschutz- und sonstigen Umweltrechts sowie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz

und Reaktorsicherheit (BMU) im Bereich der Rechtsetzung durch fachliche Zuarbeit. Die an das Referat herangetragenen Fragestellungen betrafen die gesamte Bandbreite der rechtlichen Regelungen des Atom- und Strahlenschutzes.

Im Bereich der Kosten und Entgelte im Atom- und Strahlenschutzrecht wurde die Unterstützung des BMU bei der Erarbeitung eines Entwurfes für die Novellierung der Endlagervorausleistungsverordnung (EndlagerVIV) abgeschlossen. Am 16. Juli 1997 hat die Bundesregierung durch Kabinettsbeschluss dem Novellierungsentwurf zugestimmt, die Beteiligung des Bundesrates ist eingeleitet. Der Entwurf sieht u. a. folgende Änderungen vor:

- unterschiedliche Verteilungsschlüssel für die Projekte in Gorleben und Salzgitter,
- Anlagenspezifische Aufwandsverteilung,
- Anpassung der Verteilungsschlüssel an neue Erkenntnisse hinsichtlich des Mengenaufkommens radioaktiver Abfälle,
- Erhöhung der Abgabengerechtigkeit,
- Anpassung der Vorausleistungszahlungen an künftige Beiträge,
- künftige regelmäßige Anpassung der Verteilungsschlüssel,
- Rückwirkung für die Bemessungszeiträume ab 1977,
- Optimierung des Erhebungsverfahrens.

Ein weiterer Tätigkeitsbereich von Z 2.1 war auch 1997 die Mitwirkung bei der innerstaatlichen Umsetzung von internationalen Rechtsakten auf dem Gebiet des Strahlenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge. Zu erwähnen sind hier die Richtlinie 96/29/Euratom des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen und die Richtlinie 97/43/Euratom des Rates vom 30. Juni 1997 über den Gesundheitsschutz von Personen gegen die Gefahren ionisierender Strahlung bei medizinischer Exposition. Z 2.1 wirkte an den Vorberatungen ins-

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Die Zentralabteilung

besondere für eine Anpassung der Strahlenschutzverordnung und des Strahlenschutzvorsorgegesetzes zur Umsetzung der Richtlinien mit.

Neu zu regeln sind insbesondere

- das Grenzwertesystem der Strahlenschutzverordnung,
- Schutzmaßnahmen bei Arbeiten, bei denen natürliche radioaktive Stoffe anwesend sind,
- die Einbeziehung von Personen, die außerhalb ihrer beruflichen Exposition wissentlich und willentlich Personen unterstützen und betreuen, die sich medizinischen Expositionen unterziehen, in den Schutzbereich der Strahlenschutzverordnung,
- Schutzmaßnahmen, die im Fall einer dauerhaften Exposition aufgrund der Folgen einer früheren oder alten Tätigkeit notwendig werden können.

### Referat Z 2.2

#### Rechtsangelegenheiten der Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle

##### Bergwerk zur Erkundung des Salzstocks Gorleben

Durch Bescheid des Oberbergamtes in Clausthal-Zellerfeld vom 14. Januar 1997 wurde dem BfS gemäß § 7 Bundesberggesetz (BBergG) die Erlaubnis erteilt, Steinsalz im Salzstock Gorleben aufzusuchen, soweit es sich um Salz als „bergfreier“ Bodenschatz handelt und Rechte Dritter nicht entgegenstehen. Damit wurde dem BfS das Recht eingeräumt, seine Erkundung auf einer Fläche von weiteren 11,1 km<sup>2</sup> auszudehnen. Zusammen mit den bereits vertraglich gesicherten Nutzungsrechten an Salz, das als „grundeigener Bodenschatz“ den Grundstückseigentümern zusteht (24,7 km<sup>2</sup>), verfügt das BfS damit über 85,2 % des gesamten Salzstocks. Aus Zweckmäßigkeitgründen wird die Erkundung des Salzstocks Gorleben auf seine Eignung als Endlager für radioaktive Abfälle auf Grundlage der bestehenden

Berechtigungen zunächst nur im Nordostteil durchgeführt.

Hinsichtlich des grundeigenen Salzes sind nach wie vor einige Salzrechtsinhaber nicht bereit, entsprechende Nutzungsverträge mit dem BfS abzuschließen. Das BfS wird alle rechtlichen Möglichkeiten erschöpfen, um die für eine planmäßige Erkundung erforderlichen Aufsuchungsrechte zu erlangen.

Die Salinas Salzgut GmbH und ein Grundeigentümer beabsichtigen, südwestlich der Schächte des Erkundungsbergwerks Salz in größerem Umfange durch Aussohlung zu gewinnen. Das BfS hat sich in mehreren Stellungnahmen gegen eine Zulassung dieser Projekte ausgesprochen, da hierdurch die Erkundungsarbeiten gefährdet und die Endlagerplanung erheblich gestört werden könnten.

##### Schadensersatzansprüche des Bundes

Wegen der in den Jahren 1991 bis 1995 schleppenden und zum Teil rechtswidrigen Zulassungspraxis der Landesbehörden macht das BfS mehrere Schadensersatzansprüche gegen das Land Niedersachsen unter dem Gesichtspunkt der Amtspflichtverletzung geltend.

In der ersten Angelegenheit hat der Bundesgerichtshof in Karlsruhe zugunsten des BfS durch Beschluß vom 30. Juli 1997 entschieden, daß die gegen das Urteil des OLG Celle gerichtete Revision nicht angenommen wird. Insoweit wurde dargelegt, daß die Rechtssache keine grundsätzliche Bedeutung und im Ergebnis auch für das Land keine Aussicht auf Erfolg habe. Damit steht endgültig fest, daß der Anspruch des Bundes dem Grunde nach berechtigt ist.

Auch in der zweiten Forderungsangelegenheit hatte das OLG Celle den Anspruch des BfS dem Grunde nach bestätigt. Die vom Land zunächst beim Bundesgerichtshof in Karlsruhe eingelegte Revision wurde im November zurückgenommen. Damit ist das Grundurteil rechtskräftig geworden. In beiden Schadensersatzklagen hat jetzt das Landgericht Hannover über die Höhe der geltend gemachten Ansprüche zu entscheiden.

Eine dritte Forderungssache ist noch beim Landgericht Hannover anhängig. Das

Bundesverwaltungsgericht hat mit Urteil vom 2. November 1995 (4 C 16.94) bereits festgestellt, daß die teilweise Versagung der für 1992 bis 1993 beantragten Hauptbetriebsplanzulassung rechtswidrig war.

Zur Vorbereitung einer möglichen vierten Schadensersatzklage gegen das Land Niedersachsen wird verwaltungsgerichtliche Vorfrage geklärt, ob eine Untersagungsverfügung des Bergamts Celle rechtswidrig war. Das Bergamt Celle hatte am 6. Juni 1991 dem BfS untersagt, Salz und salzhaltiges Haufwerk in die Schutzschicht der zu errichtenden Salzhalde einzubauen. Das beim Abteufen angefallene Salz mußte deshalb bis 1994 nach Morsleben transportiert und in der Grube Marie entsorgt werden. Hierdurch sind dem BfS zusätzliche Kosten in Höhe von 5,4 Mio. DM entstanden. Das Verwaltungsgericht Lüneburg hatte dem Feststellungsantrag des BfS stattgegeben. Daraufhin hat das Bergamt Celle Berufung beim Oberverwaltungsgericht Lüneburg eingelegt, über die noch nicht entschieden ist.

Der Schadensersatzanspruch gegen 14 Demonstranten, die anlässlich einer Besetzungsaktion im Jahre 1990 Sachschäden und Stillstandskosten in Höhe von ca. 127 TDM verursacht haben, wurde vom OLG Celle dem Grunde nach bestätigt. Der Bundesgerichtshof hat mit Beschluß vom 9. Dezember 1997 die hiergegen eingelegte Revision nicht angenommen. Das OLG Celle hat jetzt über die Höhe des geltend gemachten Schadens zu entscheiden.

##### Planfeststellungsverfahren Konrad

Auf die weiteren, vom Niedersächsischen Umweltministerium aufgeworfenen Rechtsfragen zum Planfeststellungsverfahren wurde eingehend Stellung genommen. Weitere für die Außenanlagen und Erschließung erforderliche Grundstücksrechte wurden durch Abschluß von entsprechenden Verträgen beschafft.

##### Endlager Morsleben

Auf die Revisionen der Kläger hat das Bundesverwaltungsgericht mit Urteilen vom 14. Mai 1997 die klageabweisenden Urteile des Oberverwaltungsgerichts des Landes Sachsen-Anhalt aufgehoben und die Verfahren an das Oberverwaltungsgericht

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Die Zentralabteilung

zur erneuten Verhandlung und Entscheidung zurückverwiesen. In seinen Urteilen hat das Bundesverwaltungsgericht festgestellt, daß auch Planfeststellungsbeschlüsse nach § 9 b AtG rücknehmbar bzw. widerrufbar sind. Die Verhandlungen werden vor dem OVG Magdeburg fortgesetzt.

Die gegen das Urteil des Bundesverwaltungsgerichts vom 25. Juni 1992 erhobene Restitutionsklage hat das Oberverwaltungsgericht des Landes Sachsen-Anhalt durch Gerichtsbescheid vom 3. Januar 1997 rechtskräftig abgewiesen.

Mit Schreiben vom 13. November 1997 hat ein anerkannter Naturschutzverband den Erlaß einer einstweiligen Anordnung gegen das BfS beantragt, daß keine weiteren radioaktiven Abfälle in das Ostfeld des ERAM sowie keine Fässer über 400 kg im ERAM endgelagert werden.

Der laufende Betrieb und das Planfeststellungsverfahren zum Weiterbetrieb des ERAM nach dem 30. Juni 2000 wurden juristisch begleitet. Die Arbeiten für die Vorbereitung und Durchführung eines Scoping-Termins für die Umweltverträglichkeitsprüfung des Planfeststellungsverfahrens wurden fortgesetzt.

### Endlagerbezogene Vertragsangelegenheiten

Im Berichtszeitraum wurden weitere grundstücksbezogene Nutzungsrechte für die Endlagerprojekte vertraglich gesichert. Eine Vielzahl von Verträgen zur Beschaffung von Sach- und Dienstleistungen wurde geschlossen und abgewickelt.

### Referat Z 2.3 Internationale und zwischenstaatliche Zusammenarbeit; Sprachendienst

Eine Aufgabe dieses Referates ist die Unterstützung des BMU bei der internationalen und bilateralen Zusammenarbeit. Dazu gehören

- die Erfassung, Sichtung und Verwaltung der dem BMU von ausländischen Vertragspartnern zugesandten Berichte zu Fragen des Strahlenschutzes, der

kerntechnischen Sicherheit und der nuklearen Entsorgung,

- die Pflege einer Sammlung aktueller Texte betreffend Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Empfehlungen und sonstige Informationsmaterialien in englischer Sprache sowie
- die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Sitzungen der Arbeitsgruppe 4 der Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit Kerntechnischer Einrichtungen (DSK).

Im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit des BfS war das Referat mit der Betreuung von internationalen Tagungen und Fachgesprächen sowie der Koordination internationaler Besuche betraut. Im Berichtszeitraum fanden u. a. Besuche mit Gästen aus Japan, der Volksrepublik China, Frankreich, der Tschechischen Republik und Südkoreas statt, z. B.

- Besuch von Vertretern des Laboratory for Earthquake Chemistry der Universität Tokio in Entsorgungseinrichtungen für radioaktive Abfälle und Endlagerprojekten der Bundesrepublik, 18. bis 21. März 1997,
- Besuch einer Delegation der Chinese National Environmental Protection Agency (NEPA) in der Bundesrepublik, 23. bis 26. Juni 1997. Neben einem wissenschaftlichen Meeting im Fachbereich ET fanden Besuche in Entsorgungseinrichtungen in Gorleben sowie im Kernkraftwerk Grohnde statt,
- IAEA Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, 1. September bis 24. Oktober 1997 in Karlsruhe, München und Berlin.

### Referat Z 2.4 Zentrale Datenverarbeitung und Dokumentation

#### Zentralrechnersystem

Im Berichtszeitraum wurde ein Upgrade des Zentralrechners durchgeführt, da u. a. die Plattenspeicherkapazität des Systems für die Anwendungen im BfS nicht mehr ausreichte. Das System Convex-SPP 1000

wurde ersetzt durch einen Convex-SPP 1600, einen Parallelrechner mit acht PARISC-Prozessoren des Typs 7200 der Firma Hewlett-Packard. Die Plattenspeicherkapazität wurde von 30 GByte auf 110 GByte erhöht. Der Umzug des Systems von Salzgitter-Immendorf nach Salzgitter-Lebenstedt erfolgte ohne Probleme.

Auf dem neuen System wurden das geografische Informationssystem ARC/INFO, das für das Altlastenkataster benötigt wird, sowie das mathematische Programm MATHEMATICA installiert.

#### Austausch von PCs

In 1997 wurden alle PCs mit dem inzwischen veralteten und nicht mehr ausreichend leistungsfähigen Prozessor Intel 386 ausgetauscht. Der Sollbestand an PCs ist erreicht. Die PCs sind ausreichend in ihrer technischen Leistung, um ab 1998 zum neuen Betriebssystem Windows NT übergehen zu können.

#### Schulungen

Im Frühjahr wurden in Salzgitter/Braunschweig umfangreiche Schulungen in den Standardprogrammen Winword, Excel, Powerpoint und Access durchgeführt.

#### BfS-Netz, neues lokales Teilnetz im Neubau in Salzgitter

Ein einschneidendes Ereignis in 1997 war auch für das Referat der Umzug in den Neubau. Im Neubau ist ein gebäudeteilübergreifendes Glasfasernetz bis zum Arbeitsplatz im Einsatz, an das alle PCs angeschlossen sind. Insgesamt sind im Neubau ca. 275 PCs im Netz integriert.

Das BfS ist Partner einer Initiative zum Betrieb eines Hochgeschwindigkeitsnetzes in der Region Braunschweig mit 34 MBit/s; dem BfS stehen davon 2 MBit/s in Salzgitter zur Verfügung. Partner sind die Technische Universität Braunschweig, die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, die Forschungsanstalt für Landwirtschaft, die Deutsche Gesellschaft für den Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) u. a.

#### Internet/www-Zugänge

In den größeren Dienststellen des BfS in Salzgitter, Berlin und Oberschleißheim stehen PCs für den www-Einsatz zur Verfügung.

## Das Bundesamt für Strahlenschutz

### Die Zentralabteilung

---

gung. Der Zugang zum Internet erfolgt über das Win-Shuttle des Deutschen Forschungsnetzes. Im Neubau wurde ein entsprechender Zugang in der Bibliothek, im Fachbereich KT und der Stabsstelle PÖ eingerichtet.

#### **Zentrale Fachbibliothek**

Mit dem Umzug des BfS in das neue Dienstgebäude konnte auch die Zentralbibliothek ihre neuen Räumlichkeiten beziehen. Nach jahrelanger provisorischer Unterbringung der Bibliothek an den bisherigen Standorten ist nun eine adäquate

Aufstellung und Präsentation des gesamten Literaturbestandes an einem Ort möglich. Im Lesesaal werden den Mitarbeitern künftig neben sechs Lese- und Arbeitsplätzen zunächst ein www-Zugang, eine CD-ROM-Station sowie ein weiterer APC mit Standardsoftware zur Verfügung stehen.

Der rasche Wandel im Medien- und Informationsbereich hat auch im Tätigkeitspektrum der Bibliothek für weitere Akzentverschiebungen gesorgt. Neben den nach wie vor wichtigen „klassischen“ bibliothekarischen Aufgaben der Literaturbeschaffung und -vermittlung gewinnt die Erschließung externer Informationsres-

ourcen via Internet, www und Online-Datenbanken zunehmend an Bedeutung.

Die Bibliothek war durch das Erstellen von Standards sowie durch die Mitarbeit in der „Koordinierungsgruppe Internet“ maßgeblich an der Weiterentwicklung des aktiven www-Angebots des BfS beteiligt. Die von der Bibliothek aufgebaute und kontinuierlich gepflegte Sammlung wichtiger WWW-Adressen wurde unter dem Titel „W3 Infothek“ als eigenes Subsystem in die BfS-Website (Angebot des BfS im www) integriert. Darüber hinaus erstellte die Bibliothek HTML-Volltextversionen des Atomgesetzes und der Strahlenschutzverordnung in den jeweils aktuellen Fassungen.

## Die Geschäftsstellen

### Die RSK-Geschäftsstelle

#### Aufgaben der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK)

Die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) berät seit 1958 ausschließlich das für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen und den Strahlenschutz zuständige Ministerium, das ist seit 1986 das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Beratungsgegenstand sind Angelegenheiten der Sicherheit und damit in Zusammenhang stehende Angelegenheiten der Sicherung von Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen (Kernreaktoren) und des Kernbrennstoffkreislaufs.

Die RSK gibt als Ergebnis ihrer Beratungen Stellungnahmen und Empfehlungen an das BMU ab. Die zu beratenden Themen werden grundsätzlich vom BMU festgelegt, jedoch steht es der RSK frei, auch zu selbst gewählten Themen Stellung zu nehmen.

Gemäß § 6 der Satzung der Reaktor-Sicherheitskommission und der Strahlenschutzkommission (vom 29. Januar 1990) werden im Einvernehmen mit dem BMU oder auf dessen Verlangen Ausschüsse eingesetzt. Bei der RSK sind derzeit 9 Ausschüsse eingerichtet, in denen als Vorbereitung für die Arbeit der Kommission die Beratung von Themen einzelner Fachgebiete der Reaktorsicherheit stattfindet. Sowohl von der Kommission als auch von den Ausschüssen können Arbeitsgruppen zur Erarbeitung spezieller Beratungsunterlagen eingesetzt werden.

- Die Ausschüsse sind:
- Leichtwasserreaktoren
- Druckführende Komponenten
- Elektrische Einrichtungen
- Bautechnik
- Reaktorbetrieb
- Sicherheitsforschung und Grundsatzfragen
- Brennstoffverarbeitung, Transportfragen und Konditionierung
- Endlagerung

#### ● Sonderfragen

Im Berichtsjahr hatte die RSK 24 Mitglieder. Eines der Mitglieder war auch Mitglied der Strahlenschutzkommission (SSK). In den Ausschüssen und Arbeitsgruppen waren zusätzlich 47 Mitglieder, hinzugezogene Sachverständige gemäß § 7 der Satzung der RSK und SSK eingeschlossen, tätig. Die Mitgliedschaft in der RSK und deren Ausschüssen/Arbeitsgruppen ist ein persönliches Ehrenamt. Die Mitglieder sind unabhängig und nicht an Weisungen gebunden.

#### Tätigkeiten der Geschäftsstelle

Die RSK, ihre Ausschüsse und Arbeitsgruppen werden bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben von der RSK-Geschäftsstelle unterstützt. Die RSK-Geschäftsstelle ist als Organisationseinheit der Zentralabteilung des BfS zugeordnet und gegenüber dem BfS fachlich weisungsunabhängig. Dienstort der RSK-Geschäftsstelle ist Bonn.

Die Tätigkeiten der Geschäftsstelle bestimmen sich aus den Belangen der Kommission, ihrer Ausschüsse und Arbeitsgruppen; so werden im Rahmen einer umfangreichen organisatorischen und fachlichen Betreuung der genannten Gremien folgende Aufgaben wahrgenommen:

- Vorbereitung aller Sitzungen der RSK, ihrer Ausschüsse und Arbeitsgruppen,
- Zusammenstellung aller für die Beratungen wesentlichen Informationen,
- Erarbeitung von Beschlußvorlagen und Beschlußalternativen,
- Auswertung der Beratungen und Anfertigung von Ergebnisprotokollen,
- Dokumentation der Beratungsergebnisse in der RSK-Datenbank,
- Zusammenstellung wesentlicher Informationen und Detailanalysen zu bestimmten Grundsatzfragen,
- Information der RSK über wichtige Probleme mit Bedeutung für atomrechtliche Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren,

- Vorbereitung regelmäßig stattfindender Gespräche zwischen RSK und entsprechenden ausländischen Organisationen.

Die Aufgaben der Geschäftsstelle werden unter der Leitung des Geschäftsführers von 5 wissenschaftlichen Mitarbeitern und 3 Verwaltungskräften wahrgenommen.

Im Berichtsjahr wurden die technischen und organisatorischen Vorbereitungen für eine künftige Präsenz der RSK im Internet getroffen. So können zukünftig einerseits die interessierte Öffentlichkeit, andererseits fachlich betroffene Kreise im In- und Ausland aktuelle Informationen und Empfehlungen der RSK abrufen.

Die Anzahl der Sitzungen der RSK, ihrer Ausschüsse und Arbeitsgruppen für das Jahr 1997 ist in **Tabelle A-5** wiedergegeben.

#### Beratungsschwerpunkte der RSK

Die RSK befaßte sich im Jahre 1997 schwerpunktmäßig unter anderem mit folgenden Themen und gab hierzu Empfehlungen bzw. Stellungnahmen ab:

- Auslegung von deutschen Kernkraftwerken gegen Erdbeben
- **STELLUNGNAHME** der 308. RSK-Sitzung am 19. Februar 1997
- RSK-Denkschrift zur Sicherheitskultur in der Kerntechnik
- verabschiedet auf der 309. RSK-Sitzung am 23. April 1997
- Vergleich der Wirksamkeit der Sicherheitseinspeisesysteme des EPR und der KONVOI-Anlagen
- **STELLUNGNAHME** der 310. RSK-Sitzung am 21. Mai 1997
- Forschungsreaktor München II (FRM II) Errichtung und nichtnukleare Inbetriebsetzung – 2. Teilgenehmigung
- **EMPFEHLUNG** der 311. RSK-Sitzung am 2. Juli 1997

# Die Geschäftsstellen

## Die RSK-Geschäftsstelle

Gremium	Sitzungen	Abkürzungen und volle Bezeichnungen	
RSK (einschl. Redaktionssitz.)	10	RSK	Reaktor-Sicherheitskommission
<i>RSK-Ausschüsse</i>			
LWR (einschl. Fachgespr.)	11	LWR	Leichtwasserreaktoren
DK	8	DK	Druckführende Komponenten
EE	4	EE	Elektrische Einrichtungen
BT	3	BT	Bautechnik
RB	4	RB	Reaktorbetrieb
BTK	2	BTK	Brennstoffverarbeitung, Transportfragen und Konditionierung
ELA (einschl. Klausuren)	7	ELA	Endlagerung
SIFO	2	SIFO	Sicherheitsforschung
SOFRA		SOFRA	Sonderfragen
<i>RSK-Arbeitsgruppen (einschl. Fachgespr.)</i>			
ASP	1	ASP	Abfallspezifikationen
ERG	2	ERG	Ergonomie
LDL	2	LDL	Leitlinien Digitale Leittechnik
BRG	1	BRG	Berechnungsgrundlagen (RSK/SSK)
MTO	7	MTO	Mensch, Technik, Organisation
STL	1	STL	Stillegung
<i>International</i>			
RSK/GPR	4	GPR	Groupe permanent chargé des réacteurs nucléaires (Frankreich)
RSK/GPR Working Groups	3	ACRS	US Advisory Committee on Reactor Safeguards
RSK/ACRS/NRC	2	NRC	US Nuclear Regulatory Commission

**Tabelle A-5:**

Veranstaltungen der RSK im Jahre 1997

- Der Beitrag der Kernenergie zu einer Nachhaltigen Entwicklung

**STELLUNGNAHME** der 311. RSK-Sitzung am 2. Juli 1997

- UF<sub>6</sub>-Freilager der Fa. Advanced Nuclear Fuels (ANF) in Lingen  
Kritikalitätsdetektierungs- und Warnsystem

**STELLUNGNAHME** der 312. RSK-Sitzung am 10. September 1997

- Maßnahmen zur Risikominderung bei Freisetzung von Wasserstoff in den Sicherheitsbehälter von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktor nach auslegungsüberschreitenden Ereignissen/  
Implementierung von Wasserstoff-Gegenmaßnahmen in deutschen Kernkraftwerken

**EMPFEHLUNG** der 314. RSK-Sitzung am 17. Dezember 1997

Eine ausführliche Beschreibung der Beratungsthemen kann dem Jahresbericht der Reaktor-Sicherheitskommission entnommen werden, der über die RSK-Geschäfts-

stelle (Postfach 12 06 29, 53048 Bonn) bezogen werden kann.

### **Weitere Beratungsthemen der RSK waren:**

#### **1 Sicherheitsfragen**

- Maßnahmen zur Risikominderung bei Freisetzung von Wasserstoff in den Sicherheitsbehälter nach auslegungsüberschreitenden Ereignissen
  - Repräsentative Unfallsequenzen zur Auslegung und Bewertung von H<sub>2</sub>-Gegenmaßnahmen für DWR-Sicherheitsbehälter
  - Maßnahmen in deutschen Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktor
  - Vorbereitung zur Implementierung von Maßnahmen

- Qualifikation von katalytischen Rekombinatoren und der Untersuchungen zur Wirksamkeit von katalytischen Rekombinatoren

- Verstopfen der Sumpfansaugöffnungen der Notkühlensysteme infolge Ablösung von Isoliermaterial
- Steuerstabprobleme in amerikanischen Kernkraftwerken
- Fachliche Auswertung der Anhörung von Erdbeben-Experten am 21./22. Oktober 1996 in München zur Ableitung seismischer Lastannahmen
- Austausch der Reaktorleistungsleittechnik durch das digitale Erfassungs- und Verarbeitungssystem TELEPERM XS (TXS) in den Kernkraftwerken Unterweser (KKU) und Neckarwestheim (GKN-1) unter Beachtung der Anforderungen der RSK-Leitlinien
- Sicherstellung der Störfallfestigkeit elektrischer und leittechnischer Komponenten des Sicherheitssystems von Kernkraftwerken (KMV-Schutzkonzept)

# Die Geschäftsstellen

## Die RSK-Geschäftsstelle

- Einbau einer Brandmeldeanlage im Kernkraftwerk Krümmel (KKK)
- Sicherheitsanforderungen an zukünftige Kernkraftwerke
- Aktualisierung der RSK-Leitlinien für existierende Kernkraftwerke bzw. Festlegung von Leitlinien für zukünftige Kernkraftwerke
- Stand der Arbeiten auf dem Gebiet der Sicherheitsforschung
- Kernkraftwerke mit Siedewasserreaktor
- SWR 1000 Projekt des Anlagenherstellers Siemens AG: Integrität der Druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels, Bruchannahmen und Bruchausschlußkonzept

### 2 Betriebserfahrung und -bewährung

- Meldepflichtige Ereignisse
  - Weiterleitungsnachrichten der GRS
  - Meldepflichtige Ereignisse in deutschen Kernkraftwerken im 2. Halbjahr 1996
  - Leckage an einer Einspeiseleitung des Volumenregelsystems im Kernkraftwerk Biblis, Block B (KWB-B) am 23. Februar 1995
- Auswertung der „Betriebsberichte der Kernkraftwerksbetreiber zur Information der Reaktor-Sicherheitskommission“ für das Jahr 1996

Aktuelle Probleme mit Brennelementen in deutschen DWR-Anlagen

### 3 Werkstoffe, Systeme und Komponenten

- Nachuntersuchung ausgebaute Bauteile aus druckführenden Umschließungen (Restlebensdauer)
- Betriebserfahrungen und Ertüchtigungsmaßnahmen an Behältern hohen Energieinhalts der Äußeren Systeme von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktor

- Prüf- und Überwachungsprogramme der austenitischen Einbauteile des Reaktordruckbehälters
- Hochtouren laufende Getriebe und Stand der zerstörungsfreien Prüfung der ND-Turbinen- und Generatorwellen in deutschen Kernkraftwerken
- Betriebserfahrungen mit kleinen Leckagen  
Statistische Auswertungen der GRS an ausgewählten Rohrleitungen der nuklearen Wärmeenergieerzeugung und nukleartechnischen Hilfsanlagen von deutschen Kernkraftwerken mit Druck- und Siedewasserreaktor
- Reaktordruckbehälter des bulgarischen Kernkraftwerks Kosloduj, Block 1
- Sprödbrechuntersuchungen im kernnahen Bereich
- Sicherheitstechnische Einstufung von Komponenten in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktor
- Sicherheitstechnisch wichtige Komponenten der Äußeren Systeme
- Betriebserfahrungen und Ertüchtigungsmaßnahmen an Behältern hohen Energieinhalts der Äußeren Systeme von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktor
- Erfahrungen mit warmfesten, schweißbaren Feinkornbaustählen in Rohrleitungen und Behältern und Stand der Untersuchungen an den austenitischen Rohrleitungen von Siedewasserreaktoren
- Frischdampf-Isolationsventile deutscher Siedewasserreaktoren
- Rißbildungen an ferritischen Schrauben
- Kernkraftwerk Brunsbüttel (KKB)
  - Zerstörungsfreie Prüfung der Anschlußschweißnaht der Rohrleitung TC 01 Z 101 an das „Safe End“ (Vorschuhende) des Reaktordruckbehälter-Stützens „E“ im Rahmen des Programms der Wiederkehrenden zerstörungsfreien Prüfungen und Qualität der ausgeführten Schweißnaht

- Prüfverfahren, Durchführung der Prüfung, Bewertungskriterien
- Programm der Wiederkehrenden zerstörungsfreien Prüfungen und erzielte Ergebnisse
- Wiederkehrende Prüfungen  
Innenseitige zerstörungsfreie Prüfung der Wand des Reaktordruckbehälters mittels Ultraschall
- Beurteilung von Fehlern und Rissen in Bauteilen / Zusammenhänge zwischen Bruchmechanik und zerstörungsfreier Prüfung
- Untersuchungs- und Forschungsvorhaben zur Komponentensicherheit mit Relevanz für die RSK-Tätigkeit, u. a.
  - Qualifizierung und Bewertung von Konzepten zur Betriebsüberwachung von Rohrleitungen und Behältern in Kernkraftwerken
  - Durchführung eines internationalen Vergleichsversuchs zur Absicherung realistischer Rißwachstumsgeschwindigkeiten in ferritischen Komponenten von Kernkraftwerken mit Siedewasserreaktor
  - Qualifizierung und Validierung neuer Prüfverfahren
  - Wirbelstromprüfung der Plattierung des Reaktordruckbehälters
  - Struktur einer Datenbank zur Erfassung von Rißbildungen in Rundnähten austenitischer Rohrleitungen von Kernkraftwerken mit Siedewasserreaktor
  - Überwachungskonzept von Rohrleitungen  
Forschungsvorhaben des BMBF zum Aufhängungssystem und zur Dämpfung: Durchführung, Bewertung und Ergebnisse der Zustandsüberwachung von Rohrleitungssystemen im Kernkraftwerk Gundremmingen (KRB)

### 4 Brennstoffkreislauf und Endlagerung

- Pilotkonditionierungsanlage Gorleben (PKA)  
Stand des Projektes nach Stellung des

## Die Geschäftsstellen

### Die RSK-Geschäftsstelle

Antrags auf Erteilung einer 3. Teilgenehmigung der Anlage

- Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK)  
Stand des Vorhabens zur Verfestigung hochradioaktiver Abfalllösungen aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK)
- Endlager Morsleben / Verschuß- und Verwahrkonzept
- Erkundungsarbeiten zum geplanten Endlager Gorleben
- Stand der Arbeiten zum Rückbau der Kernkraftwerksanlagen in Greifswald
- Stand der Rückführung der radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter deutscher Brennelemente in Frankreich

#### 5 KTA-Regeln und sonstige Regelwerke

- RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren
- Optimierung von zerstörungsfreien Wiederkehrenden Prüfungen an den sicherheitstechnisch bedeutsamen Systemen und Komponenten: Prüfintervalle, Volumen- und Oberflächenprüfungen, Druckprüfungen
- Neufassung der Kapitel 7 „Elektrische Einrichtungen des Betriebssystems“ und 8 „Warte“
- KTA-Regel 3701: Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken (Regeländerung)
- Sprödbruchanalyse in der KTA-Regel 3201.2

- Regeländerungsentwurfsvorlage 3201.4: Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung
- Regeländerungsentwurfsvorlage 3204: Reaktordruckbehälter-Einbauten
- Gegenwärtige und zukünftige Regelungen für nukleare druckführende Komponenten in Frankreich

#### 6 Internationale Kontakte

- Zur Erarbeitung und Verabschiedung gemeinsamer Einzelempfehlungen zu den Sicherheitsanforderungen an zukünftige Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktor fanden folgende RSK/GPR-Sitzungen statt:
  - 22. Sitzung am 15. Januar 1997 in Paris
  - 23. Sitzung am 24. April 1997 in Garching
  - 24. Sitzung am 18. Juni 1997 in Paris
  - 25. Sitzung am 21. Oktober 1997 in Köln

Ferner fanden am 21. April 1997, am 17. Juni 1997 und am 17. Oktober 1997 drei Sitzungen der RSK/GPR-Arbeitsgruppe statt.

Behandelt wurden die Themen:

- Notwendige F + E-Arbeiten bzgl. schwerer Unfälle mit Kernschmelzen
- Sicherheitstechnische Anforderungen an die Systemauslegung und Einsatz von probabilistischen Sicherheitsanalysen
- Behandlung von schweren Unfällen und Containment-Auslegung

Auf ihrer 290. Sitzung am 12. April 1997 hatte die RSK vorgeschlagen, sich in den USA über die geforderten sicherheitstechnischen Nachweise für die neuen US-amerikanischen Reaktorkonzepte zu informieren. Dies sollte durch Gespräche mit Vertretern von ACRS und NRC geschehen. Der Erfahrungsaustausch bezüglich der Forschung auf dem Gebiet der schweren Unfälle sollte außerdem durch Besichtigungen von Versuchsanlagen intensiviert werden. Das BMU hatte dem Vorhaben zugestimmt.

Die Gespräche der RSK in den USA fanden wie folgt statt:

1. Treffen mit NRC am 29. April 1997 in Washington (F + E-Arbeiten für fortgeschrittene Reaktoren; Erdbebenauslegung – Anforderungen und Forschung)
2. Treffen mit ACRS am 30. April 1997 in Washington (Sicherheitsanforderungen an zukünftige Kernkraftwerke, Betriebserfahrungen, Human-factors – F + E-Studien für fortgeschrittene Reaktoren, Wasserstoff-Thematik)
3. Besichtigung der SANDIA-Versuchsanlage in Albuquerque (Wasserstoff-Thematik) am 28. April 1997
4. Besuch der Universität California in Santa Barbara/Kalifornien (Dampfexplosionen, ex-vessel-Kühlung) am 28. April 1997
5. Besuch des Argonne National Laboratory in Argonne (Kernschmelze) am 1. Mai 1997 und 2. Mai 1997
6. Besuch der San Diego Universität (Erdbebenversuche) am 2. Mai 1997 und 3. Mai 1997
7. Gespräche mit Experten zum Thema „Human Factors“ in Washington am 1. Mai 1997 und am 2. Mai 1997



## Die Geschäftsstellen

### Die SSK-Geschäftsstelle

#### Aufgaben der Strahlenschutzkommission (SSK)

Die Strahlenschutzkommission (SSK) berät das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) in den Angelegenheiten des Schutzes vor ionisierenden und nichtionisierenden Strahlen. Dazu gehören insbesondere:

- Erarbeitung von Stellungnahmen und Empfehlungen zur Bewertung biologischer Strahlenwirkungen und zu Dosis-Wirkungs-Beziehungen.
- Erarbeitung von Vorschlägen für Dosisgrenzwerte und daraus abgeleitete Grenzwerte.
- Beobachtung der Entwicklung der Strahlenexposition der Gesamtbevölkerung, spezieller Gruppen der Bevölkerung und beruflich strahlenexponierter Personen.
- Anregung zu und Mitwirkung bei der Erarbeitung von Richtlinien und besonderen Maßnahmen zum Schutz vor den Gefahren ionisierender und nichtionisierender Strahlen.
- Mitwirkung bei der Erarbeitung von Richtlinien zum Notfallschutz und bei der Planung von Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenexposition bei kerntechnischen Notfällen und Katastrophen.
- Erarbeitung genereller Ausbreitungsmodelle für die von kerntechnischen Anlagen und bei der technischen und medizinischen Anwendung von radioaktiven Stoffen mit Abluft und Abwasser abgeleiteten Radionuklide. Hierzu gehört auch die Bewertung radioökologischer Gutachten sowie die Überprüfung der Ausbreitungsmodelle durch Vergleich mit den in der Praxis erhaltenen Meßergebnissen.
- Beratung des Bundesministeriums bei der Auswertung von Empfehlungen für den Strahlenschutz, die von internationalen Gremien erarbeitet wurden.
- Beratung von deutschen Beiträgen, die von internationalen Gremien bei der Bundesregierung angefordert werden.

- Beratung des Bundesministeriums bei der Aufstellung von Forschungsprogrammen zu Fragen des Strahlenschutzes sowie deren wissenschaftliche Begleitung.

Die SSK besteht in der Regel aus 17 Mitgliedern. Die Mitgliedschaft in der Kommission ist ein persönliches Ehrenamt. Die Mitglieder sind unabhängig und nicht an Weisungen gebunden.

In der SSK sollen laut Satzung insbesondere folgende Fachgebiete vertreten sein:

- Biophysik,
- Radiochemie,
- Radiologie und Nuklearmedizin,
- Radioökologie,
- Strahlenbiologie,
- Nichtionisierende Strahlen,
- Strahlengenetik,
- Strahlenphysik,
- Strahlenschutzmedizin,
- Strahlenmeßtechnik,
- Strahlenschutztechnik.

Gemäß §6 der Satzung der Strahlenschutzkommission (vom 29. Januar 1990) werden im Einvernehmen mit dem Bundesministerium oder auf dessen Verlangen Ausschüsse eingesetzt. Bei der SSK sind derzeit 8 Ausschüsse eingerichtet, in denen als Vorbereitung für die Arbeit der Kommission die Beratung von Themen einzelner Fachgebiete des Strahlenschutzes stattfindet. Sowohl von der Kommission als auch von den Ausschüssen können Arbeitsgruppen zur Erarbeitung spezieller Beratungsunterlagen eingesetzt werden.

Die Ausschüsse sind:

- Strahlenschutztechnik,
- Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen,
- Medizin und Strahlenschutz,
- Radioökologie,
- Strahlenschutz bei radioaktiven Abfällen und Reststoffen,

- Strahlenschutz bei kerntechnischen Anlagen,
- Strahlenrisiko,
- Nichtionisierende Strahlen.

Die SSK gibt als Ergebnis ihrer Beratungen Stellungnahmen und Empfehlungen an das Bundesministerium ab. Die zu beratenden Themen werden grundsätzlich vom BMU festgelegt, jedoch steht es der SSK frei, auch zu selbst gewählten Themen Stellung zu nehmen.

#### Tätigkeit der Geschäftsstelle

Mit Gründung der SSK im Jahre 1974 wurde beim Institut für Reaktorsicherheit der TÜV e.V. (IRS), der späteren Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (GRS), in Köln eine Geschäftsstelle eingerichtet.

Mit Bekanntmachung der novellierten Satzung der RSK und SSK vom 29. Januar 1990 wurde vom BMU die Geschäftsstelle beim BfS eingerichtet; diese ist gegenüber dem BfS fachlich weisungsunabhängig.

Die Tätigkeit der Geschäftsstelle bestimmt sich aus den Belangen der Kommission, ihrer Ausschüsse und Arbeitsgruppen; so werden im Rahmen einer umfangreichen organisatorischen und fachlichen Betreuung der genannten Gremien folgende Aufgaben wahrgenommen:

- Vorbereitung und technische Abwicklung aller Sitzungen,
- fachliche Zuarbeit bei der Erstellung von Beratungsunterlagen und Zusammenstellung von Informationen für die Beratungen,
- Auswertung der Beratungen und Anfertigung von Ergebnisprotokollen,
- Mitarbeit bei der sachlichen und redaktionellen Erarbeitung von Empfehlungen, Stellungnahmen und Richtlinienentwürfen,
- Durchführung der Verwaltungsaufgaben für die SSK, ihre Ausschüsse und Arbeitsgruppen,

# Die Geschäftsstellen

## Die SSK-Geschäftsstelle

– redaktionelle Betreuung und Herstellung der druckfertigen Manuskripte für die Reihen „Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission“ sowie „Berichte der Strahlenschutzkommission“, die vom BMU im Gustav Fischer Verlag herausgegeben werden (bisher zusammen mit überarbeiteten Neuauflagen insgesamt 39 Bände sowie 10 Hefte).

Die Aufgaben der Geschäftsstelle werden unter der Leitung des Geschäftsführers von 7 wissenschaftlichen Mitarbeitern und 4 Verwaltungskräften wahrgenommen.

Die Anzahl der Sitzungen der SSK, ihrer Ausschüsse und Arbeitsgruppen für das Jahr 1997 ist in **Tabelle A-6** wiedergegeben.

Beratungsgremien	Anzahl der Sitzungen 1997	
	Anzahl der Sitzungen	Anzahl der Sitzungstage
Strahlenschutzkommission	8	14
Ausschüsse der SSK:		
Strahlenschutztechnik	4	5
Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen	4	5
Medizin und Strahlenschutz	5	5
Radioökologie	5	7
Strahlenschutz bei radioaktiven Abfällen und Reststoffen	4	5
Strahlenschutz bei kerntechnischen Anlagen	3	4
Strahlenrisiko	5	5
Nichtionisierende Strahlen	4	6
Arbeitsgruppen	88	99
Insgesamt	130	155

**Tabelle A-6**

Sitzungen der SSK, ihrer Ausschüsse und Arbeitsgruppen im Jahr 1997

### Beratungsschwerpunkte und -ergebnisse 1997

Den Vorsitz der SSK führte im Berichtszeitraum Prof. Dr. Reiners, Würzburg, stellvertretende Vorsitzende waren Prof. Dr. Kellerer, München, und Dr. Paretzke, Neuberger.

Die SSK befaßte sich im Jahr 1997 schwerpunktmäßig u. a. mit folgenden Themen und gab hierzu Empfehlungen bzw. Stellungnahmen ab:

- Anpassung der StrlSchV an die neuen EURATOM-Grundnormen,
- 5. Rahmenprogramm der Europäischen Kommission (EURATOM) für Maßnahmen im Bereich der Forschung und Ausbildung (1998–2002),
- Strahlenexposition an Arbeitsplätzen durch natürliche Radionuklide,
- Auswirkungen der Einführung neuer Dosismessgrößen im Strahlenschutz,
- Anpassung der Strahlenschutzverordnung an die neuen Freigrenzen,
- Empfehlung der SSK zur Durchführung der Iodblockade bei kerntechnischen Unfällen,

- Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen (Iodmerkblätter),
- Anwendung der effektiven Dosis in der Medizin,
- Anwendung von Sr-89, Re-186, Y-90 und Sm-153 in der palliativen Strahlentherapie,
- Anwendung dosissparender kurzlebiger Radiopharmaka in der nuklearmedizinischen Diagnostik,
- Aus- und Weiterbildung zum Medizinphysiker,
- Wissenschaftliche Begründung zur Anpassung des Kapitels 4 „Berechnung der Strahlenexposition“ der „Störfallberechnungsgrundlagen für die Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gemäß § 28 Abs. 3 StrlSchV“ vom 18. Oktober 1983,
- Grundsätze für die Freigabe von Bodenflächen mit geringfügiger Radioaktivität aus genehmigungspflichtigem Umgang,
- Forschungsreaktor München II (FRM-II): Errichtung und nichtnukleare Inbetriebsetzung – 2. Teilgenehmigung,
- Zur Strahlung bei CASTOR-Transporten,
- Vergleich von Konzepten zur Erfassung und Bewertung von Expositionen und Risiken durch ionisierende Strahlung und chemotoxische Stoffe,
- Beurteilung der Fall-Kontroll-Studie von D. Pobel und J.-F. Viel bezüglich der möglichen Ursachen für Leukämien in der Umgebung der französischen Wiederaufarbeitungsanlage La Hague,
- Schutz des Menschen vor solarer UV-Strahlung,
- Klausurtagung 1997 „Funkanwendungen – Technische Perspektiven, biologische Wirkungen und Schutzmaßnahmen“ – Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse,
- Bedeutung der Sonnenlicht/Hauttyp-Beratung,
- Bewertung der Studie von Repacholi et al. über den Einfluß gepulster Hochfrequenzfelder auf die Krebsentstehung bei genmanipulierten Mäusen,
- Empfehlungen zur Patientensicherheit bei Anwendungen der Ultraschalldiagnostik in der Medizin.

Eine ausführliche Beschreibung der Beratungsthemen kann dem Jahresbericht der Strahlenschutzkommission entnommen werden, der über den Gustav Fischer Verlag bezogen werden kann.

## Die Geschäftsstellen

### Die SSK-Geschäftsstelle

#### Internationale Zusammenarbeit

Zur Förderung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit im Notfallschutz fand ein Treffen mit der Koordinationsgruppe der schweizerischen Kommission für AC-Schutz in der Nationalen Alarmzentrale (NAZ) in Zürich statt. Beide Kommissionen haben sich für eine Vertiefung der Kontakte ausgesprochen, um die zukünftige Zusammenarbeit bei grenzüberschreitenden Ereignissen zu vereinfachen.

#### Publikationen

Die von der Strahlenschutzkommission als Ergebnis ihrer Beratungen verabschiedeten Empfehlungen und Stellungnahmen sowie erstellten Berichte zu speziellen Fragestellungen werden mittels der 3 Publikationsreihen

- Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission (herausgegeben vom BMU im Gustav Fischer Verlag – bisher mit überarbeiteten Neuauflagen 37 Bände),
- Berichte der Strahlenschutzkommission (im Auftrag des BMU von der Geschäftsstelle herausgegeben und vom Gustav Fischer Verlag vertrieben – bisher 10 Hefte) und
- Informationen der Strahlenschutzkommission (im Auftrag des BMU von der Geschäftsstelle herausgegeben und über diese kostenfrei zu beziehen – bisher 3 Hefte)

der Öffentlichkeit bekanntgemacht.

Unter der Adresse [www.ssk.de](http://www.ssk.de) sind seit März 1997 die wesentlichen Ergebnisse der Beratungen der SSK über das Internet abrufbar. Seit dem Jahresende liegt ein Teil der Informationen im Internet auch in englischer Sprache vor.

#### Internet-Seiten der Strahlenschutzkommission

Die Internet-Seiten der SSK ([www.ssk.de](http://www.ssk.de)) werden von der Geschäftsstelle laufend weiterentwickelt und aktualisiert.

Für den Zeitraum 1975–1994 sind Empfehlungen und Stellungnahmen der SSK chronologisch mit Hinweisen auf die entsprechende Veröffentlichung im Bundesanzeiger aufgelistet. Für die Jahre 1995 bis 1997 finden sich detaillierte Aufstellungen mit kurzen Inhaltsangaben bzw. den Volltexten der Empfehlungen/Stellungnahmen. Ergänzend werden Übersichten zu den Veröffentlichungen der SSK sowie unter der Fragestellung „Was ist die SSK?“ Hinweise zur Entstehungsgeschichte, zur Zusammensetzung und zur Arbeitsweise der SSK angeboten. Weiterhin enthalten sind „SSK OnlineAktuell“ mit aktuellen Ergebnissen der Beratungen und „www-Adressen zum Strahlenschutz“.

#### Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission 1997

Seit 1985 werden Empfehlungen und Stellungnahmen der SSK sowie Ausarbeitungen zu speziellen Fragen des Strahlenschutzes in der Buchreihe *Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission* (Gustav Fischer Verlag, Stuttgart) publiziert.

Im Berichtszeitraum wurden folgende Bände herausgegeben:

##### Band 31

*Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 1992/1993/ Recommendations and Statements of the Commission on Radiological Protection 1992/1993*

1997, 324 Seiten, DM 86,-

Zum Inhalt:

Bewertung der Verwendung von Kupferschlacke aus dem Mansfelder Raum · Strahlenschutzgrundsätze zur schadlosen Wiederverwertung und -verwendung von schwach radioaktivem Nichteisenmetall aus Kernkraftwerken · Strahlenschutzkri-

terien für die Nutzung von möglicherweise durch den Uranerzbergbau beeinflussten Wässern als Trinkwasser · Zur Leukämie bei Kindern in der Samtgemeinde Elbmarsch · Zur Situation der Strahlenforschung in der Bundesrepublik Deutschland · Praktische Verhaltensempfehlungen zum Schutz vor Hautkrebs durch UV-Strahlung · Anforderungen an Personendosimeter · Empfehlung zur Dosimetrie von  $\beta$ -Strahlung, Konversions-elektronenstrahlung und niederenergetischer Photonenstrahlung in Kernkraftwerken · Anforderungen an die Kontaminationskontrolle beim Verlassen eines Kontrollbereiches

##### Band 36

*Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 1994. Recommendations and Statements of the Commission on Radiological Protection 1994.*

1997, deutsch/englisch, 210 Seiten, DM 58,-

Zum Inhalt:

Ionisierende Strahlung und Leukämieerkrankungen von Kindern und Jugendlichen · Stellungnahme der Strahlenschutzkommission zu Fragen im Zusammenhang mit Strahlenschutzrechtsbestimmungen der früheren DDR, die für bergbauliche Tätigkeiten in den neuen Bundesländern fortgelten · Strahlenschutzgrundsätze zur Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Gebäuden · Kriterien für die Alarmierung der Katastrophenschutzbehörde durch die Betreiber kerntechnischer Einrichtungen · Grundsätze zur Bewertung der Strahlenexposition infolge von Radon-Emissionen aus bergbaulichen Hinterlassenschaften in den Uranerzbergbaugebieten Sachsens und Thüringens · Behandlung von schwer zu bergenden Co-60-Quellen in ehemaligen Trinkwasserbrunnen · Regelung der Weiterbeschäftigung von Personen im Kontrollbereich, die die Berufslebensdosis von 400 mSv überschreiten (§ 88 [10] StrlSchV) · Neufassung des Kapitels 4 „Berechnung der Strahlenexposition“ der Störfallberechnungsgrundlagen für die Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung

## Die Geschäftsstellen

### Die SSK-Geschäftsstelle

von Kernkraftwerken mit DWR gemäß § 28 Abs. 3 StrlSchV

#### Berichte der Strahlenschutzkommission

Ergänzend zu der Buchreihe *Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission* werden seit 1995 einzelne Empfehlungen und Stellungnahmen der SSK sowie aktuelle Ausarbeitungen zu speziellen Fragestellungen, welche einen konkreten, abgeschlossenen Themenbereich umfassen, in der Reihe *Berichte der Strahlenschutzkommission* publiziert. Die Hefte dieser Reihe werden vom Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, vertrieben.

In dieser Reihe sind 1997 erschienen:

#### Heft 7:

*Schutz vor niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern der Energieversorgung und -anwendung. Empfehlung der Strahlenschutzkommission.*

1997, deutsch/englisch, 124 Seiten, DM 36,-

Zum Inhalt:

Die niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder gehören zu den physikalischen Energieformen, denen der menschliche Körper im Alltagsleben ausgesetzt ist. Wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, daß in Abhängigkeit von der Stärke der vorgenannten Felder hinsichtlich der biologischen Auswirkungen ein Spektrum vom völligen Fehlen über geringfügige Effekte und Belästigungen bis hin zur Gesundheitsgefährdung auftritt.

Die SSK gibt in ihrer Empfehlung einen Überblick über den Wissenstand zu den im Alltag vorkommenden Expositionswerten, zu den biologischen Wirkungen und biophysikalischen Wirkungsmechanismen, zu den Ergebnissen epidemiologischer Untersuchungen hinsichtlich gesundheitlicher Risiken und über die internationalen Empfehlungen zur Expositionsbegrenzung.

Die SSK empfiehlt als Ergebnis folgende Feldstärkegrenzwerte für die Bevölkerung:

- 5 kV/m für die elektrische Feldstärke,
- 100 Mikrottesla für die magnetische Flußdichte.

Diese mit internationalen Empfehlungen übereinstimmenden Grenzwerte sind so festgelegt, daß gesundheitsschädigende Wirkungen bei ganztägigem Aufenthalt am Einwirkungsort nach derzeitiger wissenschaftlicher Kenntnis nicht eintreten können.

Weiterhin werden – in Hinblick auf die künftige Entwicklung von Einrichtungen der elektrischen Energieversorgung und von elektrischen Haushaltsgeräten – im Sinne eines zweistufigen Schutzkonzeptes Hinweise auf zusätzliche Möglichkeiten zur Feldstärkeverringering gegeben. Es wird aber auch gezeigt, daß es in Anbetracht der vom Körper selbst erzeugten zeitabhängigen Felder sinnlos ist, den Aufwand für eine zusätzliche Feldstärkereduzierung weiter als bis zu

- einem Zehntel des Grenzwertes für die magnetische Flußdichte,
  - einem Drittel des Grenzwertes für die elektrische Feldstärke
- zu treiben.

Der vorliegende Bericht enthält den Empfehlungstext in Deutsch und Englisch sowie im Anhang die Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV) vom 16. Dezember 1996.

#### Heft 8:

*Jahresbericht 1996 der Strahlenschutzkommission.*

1997, 33 Seiten, DM 19,50

Zum Inhalt:

Der Jahresbericht 1996 enthält neben einer kurzen Schilderung der Aufgaben der SSK, der aktuellen Zusammensetzung der SSK sowie ihrer Satzung eine Beschreibung folgender wesentlicher Beratungsschwerpunkte des Berichtsjahres:

- Anpassung der Strahlenschutzverordnung an die neuen EURATOM-Grundnormen,

- Anhang zur Stellungnahme der SSK „Die Ermittlung der durch kosmische Strahlung verursachten Strahlenexposition des fliegenden Personals“,

- Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Notfällen,

- Richtlinie für die Festlegung von Kontaminationswerten zur Kontrolle von Fahrzeugoberflächen im grenzüberschreitenden Verkehr nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz,

- Ambulante, fraktionierte Radioiod-Therapie,

- Strahlenschutzgrundsätze für die Radioiod-Therapie,

- Anwendung von Sr-89 in der Strahlentherapie,

- Grundsätze für die Antragstellung bei der Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlen am Menschen in der medizinischen Forschung (Grundsätze nach § 41 StrlSchV),

- Interventionelle Radiologie,

- Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse der SSK-Klausurtagung 1995 zum Thema „Aktuelle radioökologische Fragen des Strahlenschutzes“,

- Bewertung der Ergebnisse des Workshops: „Risk Factors for Adult Leukaemias and Lymphomas“, Heidelberg, 15./16. Januar 1996,

- Konzepte und Handlungsziele für eine nachhaltige, umweltgerechte Entwicklung im Strahlenschutz in Deutschland,

- Begrenzung der Strahlenexposition von Polizeieinsatzkräften bis zum 18. Lebensjahr und von Polizeibeamtinnen,

- 10 Jahre nach Tschernobyl,

- Praktische Anwendung des UV-Index,

- Bewertung der Ergebnisse der Klausurtagung 1997 der SSK: „Environmental UV-Radiation, Risk of Skin Cancer and Primary Prevention“.

Der Jahresbericht wurde am 15. April 1997 von Bundesumweltministerin Dr. Angela Merkel in einer Pressekonferenz gemeinsam mit dem Vorsitzenden der SSK Prof.

## Die Geschäftsstellen

### Die SSK-Geschäftsstelle

Dr. Christoph Reiners der Öffentlichkeit vorgestellt.

#### Heft 9

Interventionelle Radiologie. Empfehlung der Strahlenschutzkommission.

1997, 40 Seiten, DM 20,50

Zum Inhalt:

Interventionelle radiologische Maßnahmen sind mit einer im Vergleich zu üblichen röntgendiagnostischen Untersuchungen hohen Strahlenexposition verbunden. Dies resultiert aus der meist hohen Dosisleistung, den häufig langen Durchleuchtungszeiten und hohen Aufnahmezahlen. Der Erfolg der interventionellen Radiologie erklärt sich aus dem im Vergleich zu operativen Eingriffen geringeren Risiko und führte zu den hohen Zuwachsraten der letzten Jahre. Eine Expertengruppe des Ausschusses „Medizin und Strahlenschutz“ hat sich mit der Problematik befaßt und Empfehlungen zur Optimierung des Strahlenschutzes von Patienten und Personal bei interventionellen radiologischen Maßnahmen vorbereitet. Diese umfassen Festlegungen bezüglich Qualifikation (Fachkunde) und Dosis-Orientierungswerten für bestimmte Untersuchungen und geben einen Katalog technischer Anforderungen vor. Bezüglich des Strahlenschutzes des Personals werden Forderungen zum anlagenbezogenen Strahlenschutz und zum Tragen von Fingerringdosimetern erhoben.

Die Strahlenschutzkommission hat diese Empfehlung in ihrer 142. Sitzung am 5./6. Dezember 1996 verabschiedet.

#### Heft 10

*Strahlenexposition an Arbeitsplätzen durch natürliche Radionuklide. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission.*

*Radiation exposure at working places by natural radionuclides. Statement of the Commission on Radiological Protection.*

1997, 48 Seiten, deutsch/englisch, DM 22,50

Zum Inhalt:

Die EURATOM-Grundnormen für den Strahlenschutz vom 13. Mai 1996 fordern die Mitgliedsstaaten der EU auf, die Arbeiten und die Arbeitsplätze zu ermitteln, die in bezug auf eine Strahlenexposition durch natürliche Strahlenquellen von Bedeutung sind. Eine derartige Unternehmung ist auch von der Strahlenschutzkommission für notwendig gehalten worden.

In diesem Bericht werden für Deutschland die möglichen Expositionspfade durch natürliche Strahlung, das Ausmaß der Strahlenexposition an Arbeitsplätzen für diese Expositionspfade und die Anzahl der bei den verschiedenen Expositionspfaden betroffenen Beschäftigten angegeben. Der Bericht enthält eine umfangreiche Angabe von Literaturquellen und bildet damit eine Grundlage für die Einbeziehung der Exposition an Arbeitsplätzen durch natürliche Strahlenquellen und die Umsetzung in die Strahlenschutzregelungen.

Strahlenexpositionen durch natürliche Strahlenquellen an Arbeitsplätzen, die aus Strahlenschutzgründen zu beachten sind, treten auf bei:

- Verwendung thoriertes Schweißelektroden,
- fliegendem Personal und beruflichen Vielfliegern,
- Arbeitsplätzen in der Wasserwirtschaft,
- Arbeitsplätzen bei der Beseitigung der Folgen des Uranbergbaus,
- Untertagearbeitsplätzen,
- Arbeitsplätzen in Gebäuden mit erhöhter Radonkonzentration.

#### Informationen der Strahlenschutzkommission

Zur Information der interessierten Öffentlichkeit gibt die Strahlenschutzkommission im Auftrag des BMU über die Geschäftsstelle seit dem Berichtsjahr die *Informationen der Strahlenschutzkommission* heraus. Diese Broschüren sind kostenfrei über die Geschäftsstelle zu beziehen. In dieser Reihe sind bisher erschienen:

##### Nummer 1

Der Strahlenunfall. Ein Leitfaden für Erstmaßnahmen – Kurzfassung –

##### Nummer 2

Verzeichnis aller Publikationen der Strahlenschutzkommission

##### Nummer 3

The German Commission on Radiological Protection. Objectives – Statements – Recommendations

Vakatseite

## Die Geschäftsstellen

### Die KTA-Geschäftsstelle

Die Führung der Geschäfte des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) obliegt einer Geschäftsstelle, die von einem Geschäftsführer nach den Weisungen des Präsidiums geleitet wird. Die Geschäftsstelle ist dem BfS verwaltungsorganisatorisch zugeordnet und nimmt folgende Aufgaben wahr:

Durchführung der Geschäfte des KTA und der allgemeinen Verwaltungsaufgaben,

Betreuung der Unterausschüsse des KTA einschließlich fachlicher Zuarbeit,

Verfolgung der Abwicklung der vom KTA vergebenen Vorberichts- und Regelaufträge einschließlich fachlicher Zuarbeit,

Dokumentation der Regelerstellung,

Bestandsaufnahme und Sammlung einschlägiger Gesetze, Regeln, Richtlinien und Normen des In- und Auslands sowie der Genehmigungspraxis,

Schaffung und Aufrechterhaltung von Kontakten mit regelerarbeitenden Organisationen des In- und Auslands.

Von den Mitarbeitern der Geschäftsstelle wurden im Berichtszeitraum die 51. Sitzung des Kerntechnischen Ausschusses, die 62. Sitzung des Präsidiums des KTA und 16 Sitzungen der verschiedenen Unterausschüsse, zusammen also 18 Sitzungen betreut. Darüber hinaus fanden 57 Sitzungen von Arbeitsgremien und Untergruppen dieser Arbeitsgremien (Ad-hoc-Gruppen, Redaktionskreise) statt, an denen Vertreter der KTA-Geschäftsstelle teilnahmen. Zu diesen Sitzungen trug die Geschäftsstelle organisatorisch (Vorbereitung, Nachbereitung, Niederschrift) und sachlich (Umsetzung der Beschlüsse und Beratungsergebnisse von Unterausschüssen und Arbeitsgremien im Verlauf der Regelarbeit) bei. Dadurch wurde die Mehr-

zahl der Auftragnehmer in ihrer Arbeit unterstützt.

Diese fachliche Zuarbeit der Geschäftsstelle nimmt einen erheblichen Anteil ihrer gesamten Tätigkeit ein. Dazu gehören Aufbereitung von Regelthemen bis zu ihrer Behandlung in KTA-Gremien, Umsetzung von den von Arbeitsgremien vorgegebenen sicherheitstechnischen Inhalten in Regeltext und Überwachung der Einhaltung vorgegebener Rahmenbedingungen.

Neben der nationalen Regelarbeit verfolgt die Geschäftsstelle auftragsgemäß auch die Entwicklung im internationalen Bereich. Zusätzlich zu der Auswertung von Arbeiten der internationalen Gremien, beschränkt auf die unser Arbeitsgebiet betreffenden Fragestellungen, umfaßt dies auch die Zuarbeit und die aktive Mitarbeit in einigen internationalen Arbeitsgremien.

Unter dem Stichwort „KTA 2000“ wurde für die Geschäftsstelle ein neues Arbeitspaket festgelegt. Zur Erhöhung der Anwendungssicherheit wird für das kerntechnische Regelwerk eine hierarchische Struktur erarbeitet, die es erleichtert, die grundlegenden sicherheitstechnischen Anforderungen von den beispielhaften Beschreibungen technischer Lösungen zu unterscheiden. Hierzu werden „Sicherheitsgrundsätze für LWR“ formuliert, die alle übergeordneten Grundsätze der Kerntechnik zusammenfassen. Darüber hinaus werden die Sicherheitsanforderungen in „KTA-Basisregeln“ weiter konkretisiert. Die „KTA-Fachregeln“ bleiben in der bisherigen bewährten Form erhalten.

Weiterhin unterstützt die Geschäftsstelle auch die Gruppen des KTA bei Arbeiten zur Optimierung der Wiederkehrenden Prüfungen und des Alterungsmanagements in deutschen Kernkraftwerken.

Das KTA-Regelwerk besteht zur Zeit aus 97 definierten Regelthemen. Nach der 51. Sitzung des KTA am 10. Juni 1997 umfaßt das KTA-Regelwerk

- 86 Regeln
- 5 Regelentwürfe
- 6 Regelentwürfe in Vorbereitung.
- 16 Regeln befinden sich in Änderungsverfahren, bei 7 davon liegt der Änderungsentwurf (Gründruck) vor.

Die Regelvorhaben, über die auf der 51. Sitzung des KTA am 10. Juni 1997 beschlossen wurde, sind in der nachstehenden Übersicht aufgeführt.

Detaillierte Angaben über

- den KTA und seine Gremien,
- die Regelarbeit und
- die Regeln des KTA

sind in den Jahresberichten des KTA 1996/1997 und 1997/1998 (ISSN 0942-5969) – herausgegeben von der KTA-Geschäftsstelle – enthalten.

#### **Regeln und Regelentwürfe sind erhältlich bei**

Carl Heymanns Verlag KG,  
Luxemburger Str. 440,  
50939 Köln.

#### **Englische Übersetzungen der Regeln sind erhältlich bei**

der KTA-Geschäftsstelle.

# Die Geschäftsstellen

## Die KTA-Geschäftsstelle

### **Im Jahr 1997 vom KTA auf seiner 51. Sitzung gefaßte Beschlüsse**

#### **Aufstellung von Regeln (Fassung 6/97)**

KTA 3701  
Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken  
(Regeländerung)

#### **Verabschiedung von Regeländerungsentwürfen (Fassung 6/97)**

KTA 1201  
Anforderungen an das Betriebshandbuch

KTA 1507  
Überwachung der Ableitungen radioaktiver Stoffe bei Forschungsreaktoren

KTA 3201.1  
Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren;  
Teil 1: Werkstoffe und Erzeugnisformen

KTA 3201.3  
Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren;  
Teil 3: Herstellung

KTA 3201.4  
Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren;  
Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung

KTA 3204  
Reaktordruckbehälter-Einbauten

#### **Einleitung von Regeländerungsverfahren**

KTA 2206 (6/92)  
Auslegung von Kernkraftwerken gegen Blitzeinwirkungen

KTA 2207 (6/92)  
Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser

KTA 3211.2 (6/92)  
Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises;  
Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung

KTA 3604 (6/83)  
Lagerung, Handhabung und innerbetrieblicher Transport radioaktiver Stoffe (mit Ausnahme von Brennelementen) in Kernkraftwerken

**Die nach Ablauf von fünf Jahren nach Regelaufstellung bzw. -überprüfung erforderliche Prüfung hat ergeben, daß Änderungsbedürftigkeit bei folgenden Regeln nicht besteht:**

KTA 2201.6 (6/92)  
Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen;  
Teil 6: Maßnahmen nach Erdbeben

KTA 3101.2 (12/87)  
Auslegung der Reaktorkerne von Druck- und Siedewasserreaktoren;  
Teil 2: Neutronenphysikalische Anforderungen an Auslegung und Betrieb des Reaktorkerns und der angrenzenden Systeme

KTA 3211.3 (6/90)  
Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises;  
Teil 3: Herstellung

KTA 3401.3 (11/86)  
Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl;  
Teil 3: Herstellung

KTA 3503 (11/86)  
Typprüfung von elektrischen Baugruppen des Reaktorschutzsystems

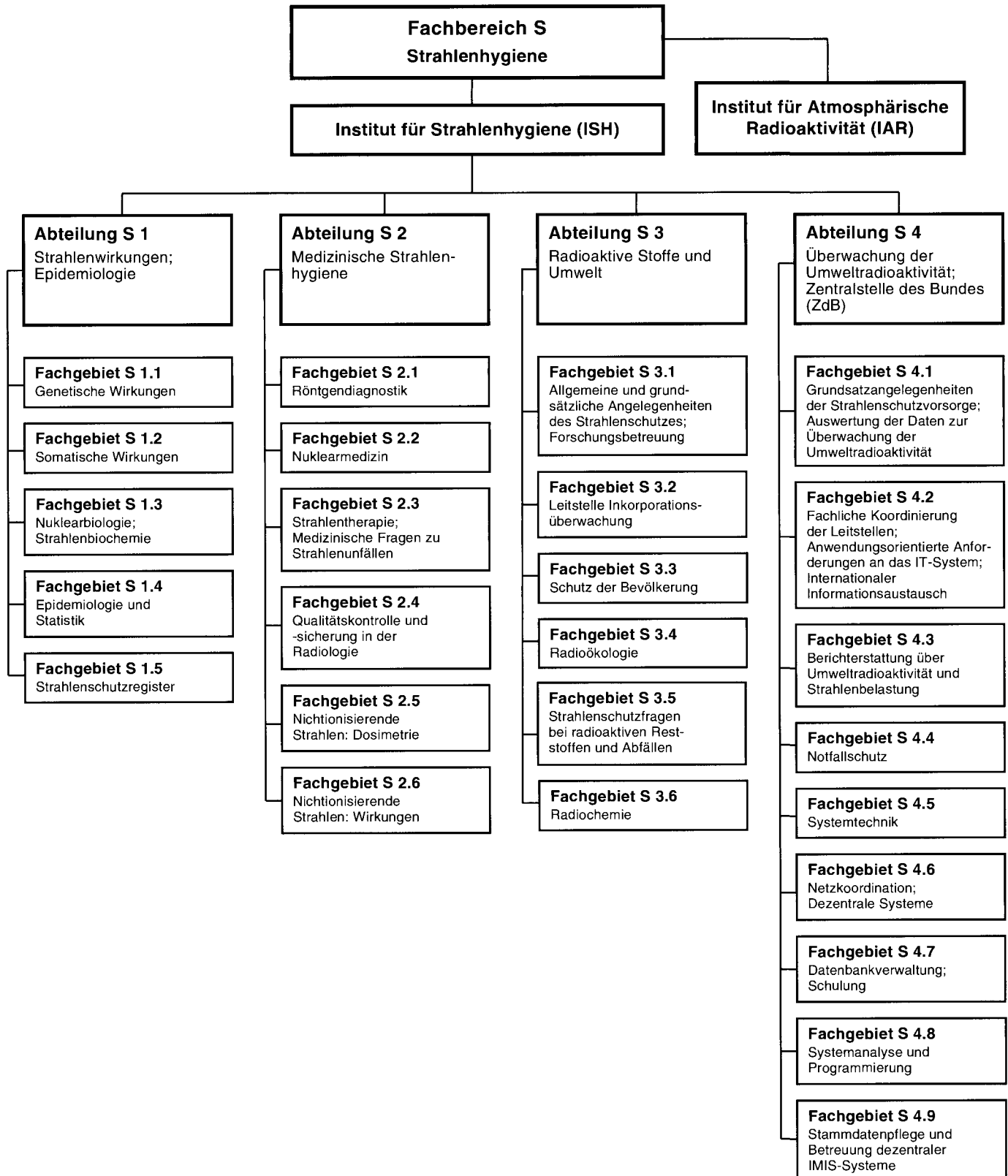
KTA 3505 (11/84)  
Typprüfung von Meßwertgebern und Meßumformern des Reaktorschutzsystems

KTA 3506 (11/84)  
Systemprüfung der leittechnischen Einrichtungen des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken



# Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachbereich Strahlenhygiene



Der Fachbereich Strahlenhygiene (S) leistet Beratungs-, Forschungs- und Entwicklungsarbeit auf den strahlenschutzrelevanten Gebieten der Strahlenbiologie und -medizin, der Radioökologie und des Notfallschutzes. Der Fachbereich besteht aus dem Institut für Strahlenhygiene (ISH) mit Hauptsitz in Neuherberg bei München und dem Institut für Atmosphärische Radioaktivität (IAR) in Freiburg. Die Berichterstattung dieser beiden Institute erfolgt in getrennten Beiträgen.

Ergebnisse des Instituts für Strahlenhygiene fließen in rechtliche Regelungen, Richtlinien und Empfehlungen auf internationaler und nationaler Ebene ein. Mitarbeiter des ISH wirken bei Sicherheitsrichtlinien der IAEA, bei EURATOM-Richtlinien und bei der Vorbereitung von Gesetzesvorlagen des Atomgesetzes, den danach zu erlassenden Verordnungen, der Strahlenschutzverordnung und der Röntgenverordnung, des Strahlenschutzvorsorgegesetzes, des Arzneimittelgesetzes, des Medizinproduktegesetzes und des Bundes-Immissionsschutzgesetzes mit.

Im experimentellen Bereich untersucht das ISH in seinem *Zentralen Zellkulturlabor* mit biochemischen und molekularbiologischen Methoden die zellulären Reaktionen auf die Einwirkung von ionisierender und UV-B-Strahlung. Ziel ist das bessere Verständnis und die Quantifizierung von Strahlenwirkungen auf Mensch und Umwelt.

Im epidemiologischen Bereich liegt ein Arbeitsschwerpunkt in der Vorbereitung einer Kohortenstudie an Beschäftigten der ehemaligen Wismut-AG (Uranerzbergarbeiter). Dazu wurden 1997 dem BfS weitere 20.000 Datensätze mit arbeitsanamnestischen und gesundheitlichen Angaben zur Verfügung gestellt und damit die angestrebte Kohortengröße von 60.000 Personen erreicht. Unter Verwendung von 400 Datensätzen wurde eine Pilotstudie durchgeführt, um zu prüfen, ob und wie der Vitalstatus der Kohortenmitglieder und die Sterbedaten verstorbener Probanden zu ermitteln sind.

Ein weiteres Aufgabengebiet ist das Strahlenschutzregister, in dem die Expositionswerte aller beruflich strahlenexponierten

Personen gespeichert und ausgewertet werden.

Zur Bewertung der medizinischen Anwendung ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe erfaßt das ISH die daraus resultierenden Strahlenexpositionen und die Wirkungen ionisierender Strahlen auf die Gesundheit des Menschen, insbesondere im Bereich niedriger Strahlendosen.

Eine neue wichtige Aufgabe besteht in der Beurteilung der Wirkungen nichtionisierender Strahlen (elektromagnetische Felder, UV-Licht) aus biologischer und medizinischer Sicht.

Das ISH ermittelt und bewertet die Strahlenexposition durch natürlich radioaktive Stoffe und in der Umgebung kerntechnischer Anlagen – sowohl für die Bevölkerung als auch für Einzelpersonen. Dabei werden neben der Auswertung von Radioaktivitätsmessungen auch atmosphärische Ausbreitungsmodelle und radiologische Modelle eingesetzt.

Die im ISH eingerichtete *Zentralstelle des Bundes für die Überwachung der Umwelt-radioaktivität* (ZdB) hat die wichtige Aufgabe der Unterstützung des BMU im Falle eines radiologischen Ereignisses. Das ISH erstellt und beurteilt unter Einsatz des *Integrierten Meß- und Informationssystems zur Überwachung der Umweltradioaktivität* (IMIS) und des *Programms zur Abschätzung radiologischer Konsequenzen* (PARK) die radiologische Lage und schlägt geeignete Maßnahmen zur Reduktion oder Verhinderung der Strahlenbelastung vor. Zur Sicherung und Erweiterung des technischen und radiologischen Ausbildungsstandes der IMIS-Nutzer – innerhalb des ISH, aber auch für Länder- und Bundesbehörden – finden in Neuherberg regelmäßig Schulungen statt.

Im Jahre 1997 wurde vom ISH erstmalig ein IAEA-Strahlenschutzkurs für osteuropäische Staaten, ein Workshop zur genetischen Suszeptibilität (zusammen mit der GSF) und eine Tagung zur Qualitätskontrolle in der Röntgendiagnostik (zusammen mit der EU) organisiert und durchgeführt.

---

## Abteilung S 1 Strahlenwirkungen/ Epidemiologie

---

Die Mitarbeiter der Abteilung untersuchen die Mechanismen der Wirkung ionisierender Strahlung auf biologische Systeme im Bereich niedriger Dosen. Aus den Ergebnissen der strahlenbiologischen Wirkungsforschung lassen sich Kausalzusammenhänge zwischen der Strahlendosis und der Strahlenwirkung herstellen. In einer Datenbank werden Expositionsdaten beruflich strahlenexponierter Personen erfaßt. Mit epidemiologischen Methoden werden mögliche Strahlenrisiken quantifiziert. Daraus lassen sich Empfehlungen für Eingriffswerte und Grenzwerte herleiten, die in die Strahlenschutzgesetzgebung Eingang finden.

Die Bearbeitung aller Aufgaben erfolgt in fünf Fachgebieten.

Im Fachgebiet **Genetische Wirkungen** wurden 1997 folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Einführung neuer zytogenetischer und molekulargenetischer Methoden zur Analyse von Chromosomenveränderungen.
- Klärung strahlenbiologischer Wirkungsmechanismen bei kleinen Strahlendosen mit zytogenetischen Arbeitsmethoden.
- Chromosomenanalysen bei beruflich strahlenexponierten Personen und Strahlenverunfallten für die biologische Dosimetrie.
- Abschätzen individueller strahlengenetischer Risiken und populationsgenetischer Auswirkungen von Strahlenexpositionen.
- Bewertung von Studien hinsichtlich des genetischen Risikos.
- Untersuchen der Kombinationswirkung chemischer Stoffe und ionisierender Strahlung.

Das Fachgebiet **Somatische Wirkungen** erfaßt die Ergebnisse über somatische Früh- und Spätfolgen einer Strahlenexpo-

sition beim Menschen und bewertet diese. Vorrangige Aufgabe ist die Bewertung des Krebsrisikos nach einer Exposition mit ionisierenden Strahlen, das sich in der Regel erst nach Jahren und Jahrzehnten manifestiert. Die Ergebnisse der Bewertungen der stochastischen und deterministischen Strahlenwirkungen fließen in die Festsetzungen von Dosisgrenzwerten im Strahlenschutz ein.

Schwerpunkte der Arbeit des Fachgebiets waren:

- Qualitätssicherung an den im Zusammenhang mit der geplanten Kohortenstudie bei ehemaligen Wismut-Beschäftigten erhobenen Datensätzen.
- Experimentelle Untersuchungen zu den Mechanismen der strahlenbedingten Krebsinduktion bei primären Zellkulturen.
- Bewertung strahleninduzierter somatisch-stochastischer Risiken des Menschen und teratogener Strahlenwirkungen.
- Risikoanalysen von Strahlenexpositionen.

Das Fachgebiet **Nuklearbiologie/Strahlenbiochemie** betreibt, initiiert und koordiniert angewandte Forschung zu Fragen der biologischen Wirkung ionisierender Strahlen im Niedrigdosisbereich und bei niedriger Dosisleistung in einer abteilungsübergreifenden Organisationseinheit, dem *Zentralen Zellkulturlabor*, mit folgenden Arbeitsschwerpunkten:

- Untersuchung und Bewertung strahleninduzierter molekularer Veränderungen in Zellen verschiedener Individuen zur Ermittlung des individuellen genetischen Strahlenrisikos.
- Untersuchungen der Wirkung von Strahlen unterschiedlicher Qualität, Dosis und Dosisleistung auf Zellen zur kausalen Bewertung der Strahlenwirkung im Niedrigdosisbereich.
- Ermittlung der Rolle des Zellzyklus und der Proliferation bei der Manifestation des Zellschadens.
- Bewertung von Kombinationseffekten zwischen chemotoxischen und radiolo-

gischen Noxen und Klärung möglicher Wechselwirkungen.

Im Fachgebiet **Epidemiologie und Statistik** werden derzeit folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Qualitätssicherung von arbeitsanamnestischen und Gesundheitsdaten in Vorbereitung einer Kohortenstudie an 60.000 ehemaligen Wismut-Beschäftigten (in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet 'Somatische Wirkungen').
- Planung einer epidemiologischen Studie über die gesundheitlichen Auswirkungen auf die Wohnbevölkerung im Altai (Russische Föderation) als Folge der sowjetischen Atombombentests im benachbarten Testgelände Semipalatsinsk, Kasachstan.
- Bewertung von Studien über Clusterbildung bei Leukämien und anderen strahleninduzierbaren Erkrankungen.

Im Fachgebiet **Strahlenschutzregister** befindet sich die zentrale Stelle für die Erfassung und Auswertung der bei der Überwachung der beruflichen Strahlenexposition anfallenden Daten. Die Daten werden für die überregionale und langfristige Expositionskontrolle beruflich strahlenexponierter Personen, zur Beobachtung der beruflichen Strahlenexposition insgesamt und als Basis für epidemiologische Untersuchungen verwendet. Im Jahre 1997 wurde die regelmäßige Auswertung der eingehenden Personendosismeldungen zur Feststellung von Grenzwert-Überschreitungen aufgenommen. Die Bearbeitung der Daten über registrierte Strahlenpässe erfolgt bereits seit längerer Zeit. Die Erfassung und Auswertung von Inkorporationsmeldungen wird zur Zeit vorbereitet.

Das Fachgebiet wirkt ferner bei der organisatorischen und methodischen Weiterentwicklung der individuellen Strahlenschutzkontrolle mit.

---

### **Abteilung S 2 Medizinische Strahlenhygiene**

---

Diese Abteilung hat die Aufgabe, die aus der medizinischen Anwendung ionisieren-

der Strahlen und radioaktiver Stoffe resultierenden Strahlenexpositionen zu erfassen und die Wirkungen ionisierender Strahlen auf die Gesundheit des Menschen, insbesondere im Bereich niedriger Strahlendosen, zu bewerten. Eine weitere Aufgabe besteht in der Beurteilung der Wirkungen nichtionisierender Strahlen aus medizinisch-biologischer Sicht sowie bei der medizinischen Anwendung.

Die Aufgaben des Fachgebiets **Röntgendiagnostik** werden im wesentlichen von der Tatsache bestimmt, daß der größte Teil der künstlichen Strahlenexposition der Bevölkerung aus der Röntgendiagnostik resultiert. Arbeitsschwerpunkte im Jahre 1997 waren:

- Die Beurteilung röntgendiagnostischer Verfahren unter den Gesichtspunkten der Häufigkeit, der Strahlenexposition und der diagnostischen Aussagekraft sowie des therapeutischen Nutzens erfolgte im wesentlichen im Hinblick auf die interventionelle Radiologie.
- Bei der Umsetzung strahlenhygienischer Erkenntnisse in Empfehlungen für rechtliche Vorschriften konzentrierten sich die Aufgaben neben der Unterstützung des BMU bei der Vorbereitung der Euratom-Richtlinie (97/43) zum Schutz der Patienten vor ionisierenden Strahlungen in der Medizin zum Ende des Jahres auf die Vorbereitung der neuen Röntgenverordnung, in der die entsprechenden Vorgaben der europäischen Richtlinie umgesetzt werden müssen.
- Zur Erhebung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch die Röntgendiagnostik konnten aktuelle Daten zur Häufigkeit der Anwendungen gewonnen werden, die 1998 veröffentlicht werden können. Eine zukünftige Aufgabe ist die Erfassung der Altersverteilung der strahlenexponierten Patienten im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung.
- Zur Erfassung der Dosis bei Patienten wurden 1997 zwei Fachgespräche über die Aufstellung von diagnostischen Referenzwerten durchgeführt, denen im kommenden Jahr weitere Fachgespräche folgen sollen. Damit werden die Grundlagen erarbeitet, da-

mit Deutschland den Verpflichtungen nachkommen kann, die sich aus europäischen Richtlinien ergeben.

- Bei der Begutachtung von Anträgen auf Genehmigung zur Anwendung von Röntgenstrahlen am Menschen in der medizinischen Forschung nach § 24 Abs. 2 RöV ergab sich eine deutliche Steigerung der Anzahl der Anträge. Diese befassen sich außer mit Forschungen mittels Knochendichtemessungen auch mit der Computertomographie und neuerdings mit der zahnmedizinischen Röntgendiagnostik.

- Mitwirkung bei Empfehlungen zur nuklearmedizinischen Therapie im Rahmen der Mitgliedschaft im Ausschuß „Medizin und Strahlenschutz“ der SSK. Aufgrund von fachlicher Zuarbeit des Fachgebiets S 2.2 „Nuklearmedizin“ konnten Erleichterungen für die Patienten vor allem bei palliativer Therapie ohne Einschränkung des Strahlenschutzes erreicht werden.

Die Aufgaben des Fachgebiets **Nuklearmedizin** waren schwerpunktmäßig:

- Begutachtung von Anträgen auf Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlen am Menschen in der medizinischen Forschung nach § 41 StrlSchV unter dem Gesichtspunkt der Dosimetrie.
- Ermittlung von Strahlenwirkung und Strahlenrisiko nuklearmedizinischer Verfahren, unter anderem durch Dosisermittlung auf zellulärer Ebene.
- Entwicklung und Beurteilung biokinetischer Modelle zur Inkorporation radioaktiver Stoffe, insbesondere Entwicklung eines biokinetischen und dosimetrischen Modells für den Magen-Darm-Trakt und Ermittlung des Inputs für probabilistische Berechnungen von Dosiskoeffizienten.
- Erstellung von gutachtlichen Stellungnahmen zur Dosisabschätzung nach Ereignissen mit Inkorporation von Radionukliden.
- Ermittlung der Häufigkeit nuklearmedizinischer Verfahren und der dadurch

verursachten Strahlenexposition, unter anderem für UNSCEAR.

- Weiterentwicklung von Rechenprogrammen zur internen Dosimetrie, insbesondere zur Ermittlung der Dosis für Embryo und Fötus nach Inkorporation von Radionukliden durch die Mutter. Durchführung entsprechender Berechnungen für die ICRP, Qualitätssicherung durch Vergleiche der Ergebnisse mit den Ergebnissen von NRPB.

Dem Fachgebiet **Strahlentherapie; Medizinische Fragen zu Strahlenunfällen** oblagen vorrangig folgende Aufgaben:

- Begutachtung von Anträgen auf Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlen am Menschen in der medizinischen Forschung nach § 41 StrlSchV aus medizinischer Sicht. Bei Durchsicht der gestellten Anträge wurde festgestellt, daß die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) für die Klinik zunehmend an Bedeutung gewinnt, insbesondere für neurologisch/psychiatrische, kardiologische sowie onkologische Fragestellungen. Im inhereuropäischen Vergleich hat Deutschland die bei weitem größte Anzahl an PET-Anlagen (nach einer Publikation aus dem Jahre 1995 insgesamt 30, davon 8 in Planung).
- Beurteilung individueller Strahlenexpositionen teratogener Art. Medizinische Bewertung des Risikos aus einer Strahlenexposition. In diesem Zusammenhang wurde auch die Frage nach dem Nutzen/Risiko-Verhältnis der Radon-Balneotherapie gestellt. Aus strahlenhygienischer Sicht sind dabei einerseits die vorliegende Kasuistik zur Radon-Balneotherapie zu berücksichtigen, andererseits die kontroverse strahlenbiologische Diskussion („Hormesis“, „Adaptive response“) vor dem Hintergrund des gesicherten Lungenkrebsrisikos abhängig vom Ausmaß der Radoninhalation.

Die Aufgaben des Fachgebiets **Qualitätskontrolle und -sicherung in der Radiologie** umfaßten im Jahre 1997:

- Physikalisch-technische Maßnahmen zur Qualitätskontrolle und -sicherung in der Röntgendiagnostik.

- TLD-Dosimetrie: Entwicklung von Kalibrier- und Auswertverfahren für Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD); TLD-Postversand an Kliniken und Praxen zur Ermittlung der Strahlenexposition bei röntgendiagnostischen Untersuchungen sowie Erprobung neuer, kommerziell erhältlicher TLD-Sonden.
- Abschätzung der effektiven Dosis aus TLD-Messungen bei speziellen CT-Untersuchungen.

Die Fachgebiete **Nichtionisierende Strahlen** besitzen durch die weitverbreiteten Befürchtungen über biologische Wirkungen niederfrequenter elektromagnetischer Felder, durch die rasanten technischen Entwicklungen im Bereich der Mikrowellenanwendung und des Mobilfunks und durch verstärkte solare UV-Exposition infolge verändertem Freizeitverhalten der Bevölkerung, verbunden mit der Abnahme der Ozonschicht, eine besonders große Aufgabenfülle und thematische Aktualität.

Die Arbeitsschwerpunkte des Fachgebiets **Nichtionisierende Strahlen: Dosimetrie** waren vorrangig:

- Ermittlung und Bewertung der Exposition des Menschen bei Einwirkung nichtionisierender Strahlen: Ausbau des UV-Meßnetzes zu einem Verbundnetz sowie weitere Automatisierung des Betriebsablaufes in Zusammenarbeit mit UBA und DWD, Untersuchung der Energieabsorption im Nahbereich von Anlagen der Energieversorgung und von Haushaltsgeräten, Erhebung zur individuellen Exposition durch niederfrequente magnetische Felder.
- Erarbeitung von Grenzwertempfehlungen: Mitarbeit bei internationalen Empfehlungen über elektromagnetische Felder.
- Forschungs koordinierung: Initiierung und Betreuung von Ressortforschungsprojekten im Bereich der nichtionisierenden Strahlung im Rahmen des UFO-Plans des BMU. Auf internationaler Ebene Beteiligung an der Forschungs koordinierung auf dem Gebiet der biologischen Wirkungen der Exposition bei der Telekommunikation im Rahmen einer EU-Aktion (COST 244).

- Ausbau der internationalen Zusammenarbeit mit der WHO und der ICNIRP sowie Betreuung des ICNIRP-Sekretariats.
- Unterstützung der EU-Kommission beim Entwurf von Empfehlungen.

Das Fachgebiet **Nichtionisierende Strahlen: Wirkungen** ergänzt die Arbeiten des Fachgebiets S 2.5. Die Arbeitsaufgaben umfassen:

- Beurteilung der Wirkungen nichtionisierender Strahlung einschließlich Ultraschall.
- Bewertung der Anwendung nichtionisierender Strahlung in der Medizin, insbesondere unter dem Gesichtspunkt des Patientenschutzes, Schwerpunktthemen waren Ultraschalldiagnostik und Hyperthermie.
- Beurteilung der indirekten Wirkung nichtionisierender Strahlung durch Störung von elektromagnetischen Geräten und Implantaten, insbesondere von Herzschrittmachern.
- Untersuchung und Auswertung zum Fragenkomplex „elektromagnetische Hypersensibilität“.
- Ausbau, Betreuung und Auswertung einer Literaturdatenbank zu Wirkung, Anwendung und Dosimetrie nichtionisierender Strahlung.

### Abteilung S 3 Radioaktive Stoffe und Umwelt

Diese Abteilung hat die Aufgabe, die Strahlenexposition sowohl der Bevölkerung als auch von Einzelpersonen durch natürlich und künstlich radioaktive Stoffe in naturbelassenen, landwirtschaftlichen und urbanen Gebieten und am Arbeitsplatz durch Modelluntersuchungen und Messungen zu ermitteln und zu bewerten.

Zur Erfüllung dieser Aufgabe werden Untersuchungen zum Einsatz atmosphärischer Ausbreitungsmodelle sowie theoretische und experimentelle Arbeiten zum Verhalten von Radionukliden in der natürlichen und urbanen Umwelt durchgeführt.

Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei dem Transfer radioaktiver Stoffe über die Nahrungskette zum Menschen, der Strahlenexposition in der Umgebung kerntechnischer Anlagen sowie der Exposition durch Baustoffe und durch Bedarfsgegenstände. Radioökologische Modelle werden auch eingesetzt, um potentielle Strahlenexpositionen der Bevölkerung bei der Entsorgung schwach kontaminierter Abfälle aus Industrie, Forschung und Kernenergie abzuschätzen.

Durch die Direktmessungen inkorporierter Radionuklide werden zum einen die erwähnten Modelle validiert, zum anderen wird die Dosis bilanziert, so daß die innere Strahlenexposition aus der Zufuhr radioaktiver Stoffe angegeben und die Einhaltung von Grenz- oder Richtwerten überprüft werden kann.

Zur retrospektiven Ermittlung der äußeren Strahlenexposition werden Messungen an Umgebungsmaterialien wie Ziegel, Kacheln usw. durchgeführt.

Die Analysen sind die Grundlagen für nationale Strahlenschutzvorschriften und für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung. Als Beispiele seien genannt:

Erarbeitung des Entwurfs einer Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Überwachung von Radioaktivitätshöchstwerten in Nahrungsmitteln im Falle von Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen (§ 7 Strahlenschutzvorsorgegesetz).

- Überarbeitung eines Konzeptes zur Inkorporationsüberwachung von Personal von kerntechnischen Anlagen durch den Betreiber auf der Basis von Leitnukliden.
- Entwicklung eines Präprozessors für SODAR-Daten zur Bestimmung meteorologischer Eingabeparameter für den Einsatz atmosphärischer Ausbreitungsmodelle im Rahmen der Kernreaktor-Fernüberwachung (KFÜ).

Darüber hinaus arbeitet die Abteilung bei der Weiterentwicklung von internationalen Strahlenschutznormen und -konzepten mit, wie beispielsweise bei Anleitungen zur allgemeinen Umweltüberwachung durch die IAEA oder bei der Aus- und Weiterbildung im Strahlenschutz in Zusammenar-

beit mit EU- und UN-Organisationen. Eine weitere Aufgabe ist die fachliche Koordination der wissenschaftlichen Begleitung von F + E Vorhaben des BMU/BfS.

Schließlich erfolgt in dieser Abteilung die Koordination, Organisation und Durchführung des institutsinternen Strahlenschutzes.

Diese Aufgaben werden in sechs Fachgebieten bearbeitet:

Die im Fachgebiet **Allgemeine und grundsätzliche Angelegenheiten des Strahlenschutzes, Forschungsbetreuung** bearbeiteten Aufgaben gliedern sich wie folgt:

- Schwerpunkte bei den Grundsatzfragen des Strahlenschutzes sind die Weiterentwicklung von Strahlenschutznormen und -konzepten.
- Die Förderung der Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet des Strahlenschutzes beinhaltet die Erfassung des aktuellen Ressort-Forschungsbedarfs und die Abschätzung von zukünftigen Entwicklungen auf dem Gebiet des Strahlenschutzes und deren Auswirkungen auf künftigen Handlungsbedarf.
- Die fachliche Koordinierung der wissenschaftlichen Begleitung von F + E Vorhaben umfaßt die Planung, Bewertung, Ablaufverfolgung, Steuerung und Erfolgskontrolle der Ressortforschung des BMU/BfS im Bereich Strahlenschutz.
- Die Zusammenarbeit mit der Europäischen Kommission, sowie mit verschiedenen UN-Organisationen umfaßt z. B. im Bereich der Aus- und Weiterbildung im Strahlenschutz die Organisation von internationalen Trainingskursen und die Erstellung von entsprechenden Kursmaterialien.

Hauptaufgaben des Fachgebiets **Leitstelle Inkorporationsüberwachung** sind

- die Koordinierung der Aufgaben der *Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS*, die von fünf Fachgebieten des BfS gebildet wird,
- die Durchführung von Qualitätssicherungsmaßnahmen bei den Inkorpora-

tionsmeßstellen in der Bundesrepublik Deutschland (Ganz- und Teilkörpermeßanlagen, Ausscheidungsmeßstellen) mittels Ringversuchen,

- der Betrieb von Ganzkörper- und Lungenzähler zum Nachweis inkorporierter radioaktiver Stoffe im Menschen, auch im Rahmen der zuständigen Meßstelle für den Freistaat Bayern und
- die Bewertung von Meßergebnissen aus der Inkorporationsüberwachung sowohl in Hinblick auf die Dosisbestimmung als auch auf die Zuarbeit zum Strahlenschutzregister.

Dabei werden folgende Einzelthemen bearbeitet:

- Messung und Bewertung von inkorporierten radioaktiven Stoffen bei Personen aus der Bevölkerung, insbesondere zur Abschätzung der Folgedosis durch die Zufuhr von Radionukliden aus dem Tschernobyl-Fallout.
- Überprüfung der Kalibrierung der Ganz- und Teilkörpermeßanlagen in der Bundesrepublik Deutschland sowie Zusammenfassung der Daten der Inkorporationsüberwachung im Rahmen der Aufgabe als Leitstelle für die Inkorporationsüberwachung.
- Umsetzung der fachlichen Forderungen des gesetzlichen Strahlenschutzes in Richtlinien und Vorschriften im Bereich der Inkorporationsüberwachung.
- Bewertung der Verfahren zur Dosismittlung bei den Meßstellen und Weiterentwicklung von Meßmethoden zur Bestimmung der internen Dosis aus inkorporierten Radionukliden.

Für die Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe bei bestimmungsgemäßem Betrieb kerntechnischer Anlagen gelten in der Bundesrepublik Deutschland die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte. Aus den bilanzierten Ableitungen der einzelnen Radionuklide läßt sich anhand von Modellrechnungen die jährliche Strahlenexposition in der Umgebung einer Anlage bestimmen und so die Einhaltung der Grenzwerte überprüfen. Diese und weitere

Aufgaben werden vom Fachgebiet **Schutz der Bevölkerung** bearbeitet:

- Ermittlung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch Umweltradioaktivität aus künstlichen Quellen, insbesondere in der Umgebung kerntechnischer Anlagen.
- Bewertung anlagenbezogener Emissionen und Immissionen hinsichtlich für die Bevölkerung geltender Strahlenschutznormen.
- Abschätzung der Strahlenexposition im Nahbereich kerntechnischer Anlagen bei erhöhten Emissionen unter Anwendung fortgeschrittener Ausbreitungsmodelle.

Das Fachgebiet **Radioökologie** befaßt sich mit dem Verhalten von Radionukliden in der Umwelt unter besonderer Berücksichtigung des Transfers zum Menschen und hat folgende Schwerpunkte gesetzt:

- Methoden und Meßverfahren der allgemeinen Überwachung der Umweltradioaktivität.
- Durchführung und Auswertung von Feldmessungen über den Transfer von Radionukliden innerhalb der Nahringkette.
- Entwicklung und Analyse von radioökologischen Modellen zur prognostischen Abschätzung der Strahlenexposition durch in die Umwelt emittierte Radionuklide.
- Funktion als Leitstelle für Tabak, Bedarfsgegenstände, Arzneimittel und deren Ausgangsprodukte.
- Fachliche Bewertung und Weiterentwicklung des radioökologischen Störfallmodells PARK, das im Zusammenhang mit dem Integrierten Meß- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) erstellt wurde.

Das Fachgebiet **Strahlenschutzfragen bei radioaktiven Abfällen und Reststoffen** befaßt sich mit aktuellen und langfristigen Strahlenschutzproblemen beim Umgang, bei der Behandlung und der Beseitigung bzw. Wiederverwertung von schwach radioaktiv kontaminierten Abfällen bzw. Reststoffen.

- Da insbesondere bei künftigen Stilllegungen von Kernkraftwerken große Mengen schwach kontaminierter Abfälle anfallen, besteht Bedarf an gesetzlicher, bundeseinheitlicher Regelung. Diese sieht die Festlegung von Freigabewerten vor, die die bisherige Regelung in der Strahlenschutzverordnung ersetzen soll. Derartige Freigabewerte wurden für die konventionelle Deponierung und Verbrennung von schwach radioaktiv kontaminierten Abfällen errechnet. Die Freigabewerte ermöglichen eine Entsorgung, aus der für die Bevölkerung allenfalls eine geringfügige Strahlenexposition resultiert. Die Freigabewerte wurden in der Praxis bereits probeweise angewandt. Basierend auf den daraus gewonnenen Erfahrungen und unter Berücksichtigung neuer Dosisfaktoren wurden die Berechnungen fortgeschrieben.

- Neben den Strahlenschutzfragen, die sich aus dem genehmigten Umgang mit radioaktiven Stoffen ergeben, werden auch Probleme bearbeitet, die sich aus Unfällen ergeben können, bei denen die Umwelt großflächig kontaminiert werden kann. Für diese Interventionsfälle werden Konzepte zur Entsorgung großer Abfallmengen entwickelt. Diese Konzepte werden auf ihre Machbarkeit hin untersucht, d. h. auf die technisch-organisatorische Realisierung unter Berücksichtigung der dabei möglichen Strahlenexpositionen und der anfallenden Kosten. Die Konzepte sollen eine Entscheidungshilfe bieten, inwieweit die kontaminierten Stoffe alternativ genutzt oder behandelt werden können.

Die Hauptaufgaben des Fachgebiets **Radiochemie** liegen auf folgenden Gebieten:

- Dosisrekonstruktion: für die nachträgliche Dosismittlung bei einer externen Strahlenexposition aufgrund von Strahlenunfällen werden Untersuchungen mit Hilfe der Chemilumineszenz und Thermolumineszenz an Umgebungs- bzw. Baumaterialien (Zucker, Zuckeraustauschstoffe, Ziegel, Kacheln usw.) durchgeführt.
- Inkorporationsüberwachung: im Rahmen der Leitstelle Inkorporationsüber-

wachung des BfS werden Aufgaben zur Qualitätssicherung (Ringversuche usw.), zu Überwachungsprogrammen sowie zur Ermittlung von Forschungs- und Regelungsbedarf auf diesem Gebiet wahrgenommen.

- Betrieblicher Strahlenschutz: Koordination, Organisation und Durchführung des Strahlenschutzes im ISH sowie insbesondere für den institutseigenen Kontrollbereich „Radioaktivität“.

#### **Abteilung S 4 Überwachung der Umwelt- radioaktivität, Zentralstelle des Bundes (ZdB)**

Die zentrale Aufgabe der Abteilung sind der Betrieb und die Weiterentwicklung des Integrierten Meß- und Informationssystems zur Überwachung der Umwelt-radioaktivität (IMIS). Die in das IMIS eingehenden Radioaktivitätsdaten werden zusammengefaßt, bewertet und dokumentiert. Im Falle einer großräumigen radioaktiven Kontamination unterstützt die ZdB das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) bei der Erstellung und Beurteilung der Kontaminationslage in Deutschland. Im Ereignisfall erfaßt die Abteilung die radiologische Situation und schlägt, falls notwendig, Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenbelastung der Bevölkerung unter Einsatz des IMIS und des Programms zur Abschätzung radiologischer Konsequenzen (PARK) vor. Mit PARK läßt sich u. a. die mögliche Strahlenexposition aus Prognosen und Messungen abschätzen bzw. berechnen. Zur ständigen Wahrnehmung dieser Aufgaben ist eine jederzeit erreichbare Bereitschaft eingerichtet.

Weiterhin ist die Abteilung zuständig für die Berichterstattung über Umweltradioaktivität und Strahlenexposition nach § 5 Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) und Artikel 36 EURATOM-Vertrag.

Ebenso bearbeitet die Abteilung Fragen des anlagenexternen Notfallschutzes und koordiniert die Zusammenarbeit der Leitstellen.

Im Bereich Informationstechnik (IT) werden permanent Schulungen für die Bereiche IMIS-IT (Länder- und Bundesbehörden) und IT-ISH koordiniert und durchgeführt.

Die Abteilung betreut das Netzwerk des ISH.

Aufgaben des Fachgebiets **Grundsatzangelegenheiten der Strahlenschutzvorsorge, Auswertung der Daten zur Überwachung der Umweltradioaktivität** sind:

- Organisation und Schulung der IMIS-Rufbereitschaft.
- Festlegung von Verfahren und Handlungsabläufen innerhalb des IMIS im Ereignisfall.
- Weiterentwicklung von radioökologischen Echtzeitmodellen für radiologische Ereignisfälle (PARK).
- Lagebewertung und Maßnahmenvorschläge aufgrund von Daten nach StrVG.
- Durchführung und Auswertung von Übungen innerhalb des IMIS.

Aufgaben des Fachgebiets **Fachliche Koordinierung der Leitstellen, Anwendungsorientierte Anforderungen an das IT-System, Internationaler Informationsaustausch** sind:

- Fachliche Koordinierung der als Leitstellen fungierenden Bundesbehörden.
- Erstellung von Grundlagen zum IMIS (z. B. Intensivmeßprogramm für die Überwachung der Umweltradioaktivität in Lebensmitteln, Futtermitteln, Trinkwasser usw.).
- Mitarbeit und Koordinierung der Qualitätssicherungsprogramme (u. a. „Meßanleitung für die Überwachung der Radioaktivität“).
- Koordinierung und Integration des IMIS-kompatiblen Datenaustausches von § 3-StrVG- und REI-Messungen.
- Festlegung und Fortschreibung der anwendungsorientierten Anforderungen an das IMIS-IT-System.
- Koordinierung und Auswertung von IMIS-Übungen u. a. im Bereich der Lebensmittelmessungen.

- Internationaler Informationsaustausch bezüglich der Meßwertermittlung und Datenerfassung.

Das Fachgebiet **Berichterstattung über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung** erstellt folgende Berichte und koordiniert die dazu erforderlichen Arbeiten von beteiligten Autoren und Institutionen:

- Bericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag und Bundesrat und Bericht des BMU für die Öffentlichkeit über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung (Parlamentsbericht und Jahresbericht).
- BfS-Schrift „Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland – Daten und Bewertung“ in Zusammenarbeit mit den Leitstellen des Bundes. Diese Publikation ist auch Grundlage für das Kapitel „Strahlenschutz“ im Bericht des UBA „Daten zur Umwelt“.

Darüber hinaus werden die Daten für den Bericht der Europäischen Union „Environmental Radioactivity in the European Community“ auf der Grundlage von Artikel 35 und 36 des EURATOM-Vertrages zusammengestellt.

Aufgaben des Fachgebiets **Notfallschutz** sind:

- Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen für Notfallschutzmaßnahmen.
- Fortschreibung des Maßnahmenkataloges.
- Mitarbeit bei der Durchführung sowie Teilnahme an Notfallschutzübungen.
- Mitarbeit bei der Beurteilung von zu ergreifenden Maßnahmen bei erhöhter Umweltradioaktivität.
- Unterstützung des BMU bei der Erfüllung nationaler und internationaler Aufgaben.

Aufgaben des Fachgebiets **Systemtechnik** sind:

- Systemmanagement und Betrieb der IMIS- und PARK-Rechner in Neuherberg.
- Planung der Weiterentwicklung von IMIS unter Aspekten der Datenverarbeitung.

- Verbesserung der Sicherheit in IMIS, d. h. in bezug auf Verfügbarkeit, Integrität und Vertraulichkeit der gespeicherten Daten.
- Verantwortlicher für den IT-Bereich im Rahmen der Arbeitsgruppe IMIS-IT. Die Arbeitsgruppe koordiniert alle Tätigkeiten im BfS in bezug auf die Weiterentwicklung des IMIS, auch auf internationaler Ebene.
- Realisierung der 2. Phase von IRIS-Rußland: Zur Zeit werden Meßwerte der Gammadosisleistung aus der Umgebung zweier russischer Kernkraftwerke erfaßt und im Austausch mit Daten aus IMIS übertragen.
- Weiterentwicklung und Pflege von IMIS- und PARK-Software.
- Entwicklung, Pflege und Konzeption von Programmen zur Datenauswertung und -darstellung für IMIS und PARK (Stichwort „beliebige Darstellungen“).
- Pflege geographischer Hintergrundinformationen und Erstellung von Karten aller Art.

Aufgaben des Fachgebiets **Stammdatenpflege und Betreuung** dezentraler IMIS-Systeme sind:

Aufgaben des Fachgebiets **Netzkoordination, Dezentrale Systeme** sind:

- Planung der Konfiguration und Installation dezentraler IMIS-Systeme.
- Optimierung und Beschleunigung des Datendurchsatzes und Maßnahmen zur Sicherheit der Datenübertragung.
- Bereitstellung und Betrieb von Tools für Datensicherung, Überwachung von Betriebszuständen, Updating von Software und Stammdaten.
- Beratung der Benutzer, Bediener und Betreiber der dezentralen IMIS-Systeme, Hilfe bei Fehlermeldungen.

Aufgaben des Fachgebiets **Datenbankverwaltung und Schulungen** sind:

- Planung, Organisation und Durchführung der Schulungen IMIS-IT und IT-ISH.
- Verwaltung und Pflege der Datenbanksysteme im IMIS.
- Beratung und Unterstützung der Anwender der IMIS-IT- und IT-ISH-Systeme.
- Vorgaben für den allgemeinen Informations- und Datenaustausch.
- Koordination im Bereich der allgemeinen IT des ISH und Administration des BfS-Netzes.

Aufgaben des Fachgebiets **Systemanalyse und Programmierung** sind:

- Pflege der Stamm- und Betriebsdaten von IMIS-IT.
- Anwenderunterstützung in Fragen der Stamm- und Betriebsdaten von IMIS-IT.
- Betreuung der dezentralen IMIS-Systeme in den neuen Bundesländern sowie in Berlin, Schleswig-Holstein, Hamburg und Bremen (Ländersysteme und Leitstellen).
- Integration von Hubschraubermessungen sowie von § 7-StrVG- und REI-Daten in IMIS.
- Unterstützung des BMU bei der IMIS-Systemverwaltung, bei der Qualitätssicherung von IMIS-IT und der Entwicklung beliebiger Darstellungen.
- Betreuung der Anbindung ländereigener Informationssysteme an IMIS.

### **Arbeitsschwerpunkte des Fachbereichs S**

#### **Zytogenetische Untersuchungen an ehemaligen Wismut-Bergarbeitern**

Symmetrische Translokationen können mittels Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierungstechnik (FISH) identifiziert werden. Sie scheinen für eine retrospektive biologische Dosimetrie bei lange zurückliegenden oder chronischen Expositionen geeignet zu sein.

Bei ehemaligen Wismut-Bergarbeitern, die der ionisierenden Strahlung des Radons ausgesetzt waren, soll diese Technik angewendet werden, um Informationen über die Aussagekraft der Translokationen als Indikator für eine retrospektive Dosisrekonstruktion zu erhalten. In Zusammenarbeit mit dem Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) wurden 3 Gruppen von je 10 Bergarbeitern zusammengestellt, die sich in der Expositionshöhe unterscheiden.

Mit diesen Arbeiten soll speziell die Persistenz von Translokationen, die Verteilung der Translokationen auf die Zellen und die Beteiligung einzelner Chromosomen an Translokationen untersucht werden. Die zytogenetischen Befunde sollen mit den Ergebnissen der physikalischen Dosimetrie zusammengeführt werden.

#### **EU-Forschungsvorhaben “Evolution of genetic damage in relation to cell-cycle control: A molecular analysis of mechanisms relevant for low dose effects”**

Das Fachgebiet Nuklearbiologie/Strahlenbiochemie koordiniert das von der Europäischen Kommission geförderte Forschungsvorhaben “Evolution of genetic damage in relation to cell-cycle control: A molecular analysis of mechanisms relevant for low dose effects” an dem 5 Partner aus 4 Ländern beteiligt sind. Die experimentellen Untersuchungen wurden Anfang 1997 begonnen und werden über einen Zeitraum von 3 Jahren durchgeführt.

Das Vorhaben hat zum Ziel, die Mechanismen verstehen zu lernen, wie die strahleninduzierten Veränderungen des Zellzyklus die Umwandlung des primären Strahlenschadens in vererbare zelluläre Veränderungen, die sich in Form von reproduktivem Zelltod, chromosomalen Aberrationen, Mutationen, malignen Transformationen, Störungen der Embryonalentwicklung und der Differenzierung somatischer Zellen in Erwachsenen ausprägt, beeinflusst. Alle diese Aspekte spielen eine zentrale Rolle in der Bewertung des Risikos kleiner Strahlendosen.



## Deutsche Bergarbeiter-Studie – Kohortenstudie an ehemaligen Uranerzbergarbeitern der Wismut SDAG

Zur Vorbereitung einer Kohortenstudie an ehemaligen Wismut-Beschäftigten zur Bestimmung des Lungenkrebsrisikos in Abhängigkeit von der Strahlenexposition, insbesondere durch Radon, sowie unter Berücksichtigung der Risikofaktoren Rauchen, Staub und Arsen wurde zwischen dem BfS und dem Hauptverband der Berufsgenossenschaften (HVBG) ein Vertrag geschlossen, der bis zum 31. Dezember 1997 die Lieferung von 60.000 Datensätzen vorsieht. Die Datenerhebung ist abgeschlossen.

Die Kohortenstudie wird sich nahtlos daran anschließen und teilweise noch mit qualitätssichernden Maßnahmen überlappen.

## Referenzdosiswerte nach Richtlinie 97/43/EURATOM

Die in diesem Jahr erlassene europäische Richtlinie zum Gesundheitsschutz der Patienten bei der medizinischen Exposition sieht vor, daß in der diagnostischen Radiologie und Nuklearmedizin diagnostische Referenzwerte erarbeitet und zur Qualitätssicherung eingeführt werden. Zur Vorbereitung dieser Aufgabe wurden im ISH zwei Fachgespräche unter Beteiligung ausgewiesener Experten durchgeführt und gemeinsam mit der Kommission der Europäischen Union eine Arbeitstagung in Luxemburg veranstaltet. Ziel ist ein Bericht an BfS und BMU, der neben grundsätzlichen Überlegungen auch Zahlenmaterial enthalten soll und die zuständigen Bundesministerien unterstützen soll. Bei der Umsetzung der Richtlinien in deutsches Recht bis Mai 2000 werden Referenzwerte in die deutschen Verordnungen Eingang finden – so in die Röntgenverordnung und in die Strahlenschutzverordnung.

## UV-Meßnetz

In dem vom BfS und Umweltbundesamt gemeinsam betriebenen Meßnetz zur Erfassung der bodennahen solaren UV-

Strahlung in Deutschland, konnte der Bereich der Qualitätskontrolle/Sicherung weiter verbessert werden. Dazu gehörte der Aufbau einer automatisierten Systemüberwachung, eine verbesserte Kalibrierung und die Teilnahme an einem nationalen Meßgerätevergleich. Die Drei-Tages-UV-Prognose, die der Bevölkerung Auskunft über die Belastung des Menschen durch die sonnenbedingte UV-Strahlung gibt, wurde ergänzt mit einer täglichen aktuellen Berichterstattung der an 8 Standorten gemessenen UV-Strahlung.

## Interne Dosimetrie in Nuklearmedizin und Strahlenschutz

Im Fachgebiet Nuklearmedizin wurde damit begonnen, biokinetische und dosimetrische Modelle zur Berechnung der Dosis für den Fötus bei Aktivitätszufuhr durch die Mutter zu implementieren, in Stellungnahmen für die SSK wurden mögliche Strahlenexpositionen berechnet, die von Patienten in der diagnostischen und therapeutischen Nuklearmedizin ausgehen, desweiteren wurde abgeschätzt, welche Werte die Dosis für verschiedene Organe annehmen können, wenn in Zukunft die Aktivitätszufuhr nur über die effektive Dosis begrenzt wird. Im Rahmen der Zusammenarbeit mit ICRP erfolgten umfangreiche Überprüfungen der geplanten ICRP-CD-ROM mit Dosiskoeffizienten einschließlich der zugrundeliegenden Daten.

## Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen NIR-Forschung

Im Rahmen der Mitarbeit in der zwischenzeitlich gegründeten Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung auf dem Gebiet der nichtionisierenden Strahlung wurden grundsätzliche Bewertungskriterien zur Auswahl solcher Untersuchungen entwickelt, die zu einer Bewertung des Einflusses zivilisationsbedingter niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder beitragen können. Die Bewertungskriterien befaßten sich mit der Relevanz der Fragestellung der Untersuchung, mit der Durchführung, Qualität und Nachvollziehbarkeit der Untersuchung sowie mit den Ergebnissen, der Reprodu-

zierbarkeit und der Konsistenz der Untersuchung. Entsprechende Bewertungen müssen sowohl bei experimentellen In-vitro- und In-vivo-Arbeiten, Untersuchungen am Menschen als auch für epidemiologische Studien und theoretischer Arbeiten erfolgen. Diese Bewertungskriterien sollen als Leitfaden für eine der wichtigen Amtsaufgaben des BfS dienen, die aktuellen Forschungsergebnisse nicht nur zu dokumentieren, sondern auch kritisch zu bewerten.

## Der Transfer von Radionukliden in die Muttermilch

Inkorporiert eine stillende Mutter Radionuklide, gehen diese teilweise in die Muttermilch über und werden so dem Säugling beim Stillen zugeführt. Bei der Ableitung von Grenz- oder Richtwerten für Radionuklide in Lebensmitteln, an strahlenschutzüberwachten Arbeitsplätzen oder im medizinischen Bereich blieb dieser Expositions-pfad eines Säuglings bisher weitgehend unberücksichtigt. Ziel der Studie „Transfer von Radionukliden in die Muttermilch“ war es, den Transfer inkorporierter Radionuklide in die Muttermilch zu quantifizieren und einfache Modelle zur Abschätzung der Strahlenbelastung eines Säuglings durch Ingestion von Muttermilch zu entwickeln. Die Studie konzentrierte sich schwerpunktmäßig auf folgende Themenkreise:

- *Ingestion radioaktiv belasteter Nahrungsmittel durch eine stillende Mutter:* Abschätzung der potentiellen Strahlenexposition eines Säuglings auf der Grundlage der von der Europäischen Kommission verabschiedeten Grenzwerte für die Aktivitätskonzentration in Nahrungsmitteln.
- *Inhalation von Radionukliden an strahlenschutzüberwachten Arbeitsplätzen durch stillende Mütter:* Ableitung von Grenzwerten für die Aktivitätskonzentration von Radionukliden in der Atemluft.
- *Applikation von Radiopharmaka bei stillenden Müttern:* Empfehlungen, ob und wie lange eine Stillpause nach Applikation von Radiopharmaka erforderlich ist.

– *Iodblockade der Schilddrüse durch stabiles Iod bei unfallbedingten Freisetzungen von Radioiod*: Kritische Betrachtung der Iodblockade eines Säuglings, insbesondere im Hinblick auf stabiles Iod, das dem Säugling im Falle einer Iodblockade bei der Mutter durch Stillen zugeführt wird.

Die Ergebnisse dieser vom BMU initiierten Studie gehen in die gegenwärtige Novellierung der gesetzlichen Regelungen im Bereich des Strahlenschutzes ein. Darüber hinaus bilden sie eine Diskussionsgrundlage für neu eingerichtete Arbeitsgruppen der ICRP, die sich mit der Strahlenexposition von Säuglingen beschäftigen.

### **Erweiterung der IMIS-Anwendung in Osteuropa (IRIS)**

Im Zuge der internationalen Erweiterung der IMIS-Anwendung erfolgte eine Implementierung dieses Meßsystems mit Polen, der Slowakei und Rußland. Der bereits im letzten Jahr begonnene Aufbau des IRIS in Polen wurde im September 1997 abgeschlossen.

Beim IRIS in Rußland wurden zusätzlich zu den Daten aus einem Umkreis von 30 km um die Kernkraftwerke Smolensk und Novovoronesch die Daten der Ortsdosisleistung von 12 Meßstellen in der Region Moskau einbezogen. Die Ausdehnung auf die Kernkraftwerke Kola und Sosnovy Bor

sind ebenso wie der Umstieg auf eine aktuelle Systemplattform für die nächste Ausbaustudie in der ersten Jahreshälfte 1998 vorgesehen.

### **IMIS-Migration**

Die Migration befindet sich derzeit in der Planungsphase, die von einem Gutachtergremium beim BMU begleitet wird. Zur Unterstützung dieser Arbeiten wurde ein Prototyp aufgebaut, dessen erste Ausbaustufe aus einem Datenbankserver bei der ZdB und je einem Klient bei BMU, ZdB-München, ZdB-Berlin und IAR besteht. Damit konnten die Telekommunikation über ISDN und die Eignung des Visualisierungstools „ARCView“ getestet werden. Die Stufe 1 des Prototypentests wurde Mitte 1997 abgeschlossen. Es ergaben sich keine Erkenntnisse, die der beabsichtigten Systemarchitektur widersprochen hätten.

Seit Mitte des Jahres ist eine zweite Stufe des Prototyps in Betrieb. Diese Stufe ist durch die Hinzunahme eines zweiten Datenbankservers beim IAR gekennzeichnet. Damit kann ein Datenfluß unter realistischen Bedingungen am Beispiel der Ortsdosisleistung getestet werden. Damit werden derzeit die verschiedenen Replikationsverfahren, die das beizubehaltende Datenbanksystem ORACLE anbietet, auf ihre Verwendbarkeit für IMIS, insbesondere im Hinblick auf das Zeitverhalten, getestet.

### **Schulung**

Die Schulungsmaßnahmen für die IMIS-Nutzung umfassen Grund- und weiterführende Kurse in ULTRIX und ORACLE, IMIS-Kurse für Systemverwalter/-benutzer sowie für Anwender und Radiologen, Kurse in Mosaic, XV und HTML sowie IT-Sicherheitskurse.

Als schulungsbegleitende Maßnahme tagte die IMIS-Benutzergruppe als ständige Einrichtung zum gegenseitigen Informations- und Erfahrungsaustausch, zur Information über die technische Entwicklung und deren möglichen Anwendung im IMIS-System oder zur Klärung von Bedienungsfehlern.

Über das Schulungsangebot hinaus wurden Anwender bei individuellen Fragestellungen betreut. Systemverwalter wurden bei der Fehlerbehebung, bei der Datenbanknutzung und bei dezentralen Systemen unterstützt. Für die IMIS-Nutzer aller IMIS-IT-Systeme erfolgte eine Beratung zu Fragen der IMIS-Anwendungssoftware, sowie für die ORACLE-Nutzer zur Anwendung der ORACLE-Produkte. Desweiteren erhielten die Nutzer Unterstützung bei der individuellen Auswertung des Datenbestandes entsprechend der landesspezifischen Erfordernisse.

Im Rahmen der internationalen Erweiterung von IMIS erfolgte die Schulung von IRIS-Nutzern.

**Mittels FISH analysierte Chromosomenaberrationen an einer Kontrollgruppe**

S. Pressl, S. Wenzel, M. Reisinger, D. Westpfahl, G. Stephan

Die Chromosomenanalyse in Lymphozyten des peripheren Blutes ist das empfindlichste biologische Verfahren zur Quantifizierung von Strahlenexpositionen. Durch Strahlung werden in gleichem Maße asymmetrische wie auch symmetrische Translokationen induziert. Unter asymmetrischer Translokation versteht man das dizentrische Chromosom, das ein empfindlicher Indikator für kurz zurückliegende Strahlenexposition ist, das in der Routine etabliert und für dessen Entstehung die spontane Häufigkeit an gesunden Probanden (1 Dic/1000 Zellen) bekannt ist.

Symmetrische Translokationen haben vermutlich ein normales oder weniger reduziertes Proliferationsvermögen als Zellen mit dizentrischen Chromosomen und können somit zur Abschätzung von kumulativen Wirkungen oder zum Nachweis länger zurückliegender Strahlenexposition herangezogen werden.

Dafür unerlässlich ist die Bezugsgröße der spontanen Häufigkeit für symmetrische Translokationen, da in Fällen einer Überexposition kein Kontrollwert von der exponierten Person vorhanden ist.

Für die Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) werden chromosomen-spezifische biotinylierte DNS-Proben für die Chromosomen 2, 4 und 8 eingesetzt, und gleichzeitig eine digoxigenierte „All-Human-Zentromerprobe“. Ein Antikörper mit Fluoresceinisothiocyanat (FITC) gekoppelt färbt die 3 Chromosomenpaare grün, ein mit dem Fluoreszenzfarbstoff Aminomethylcumarinessigsäure (AMCA) gekop-

Personen	Alter	Zellen	Aberrationen/ 100Zellen	
			t	dic
38	21-73 (44.2)	96.700	204	16
Aberrationen pro 100 Zellen			0.21	0.017

**Tabelle S-1**

Mittlere Häufigkeit struktureller Chromosomenaberrationen in gesunden Probanden, die mittels FISH-Technik analysiert wurden. Chromosomen 2, 4 und 8 waren markiert, sowie die Zentromere

Personen	Alter	Zellen	t	t/ 1000 Zellen
8	20-29 (25.1)	19 912	23	1.16
8	30-39 (34.9)	21 505	24	1.12
7	40-49 (45.4)	19 564	49	2.50
10	50-59 (56.1)	22 995	69	3.00
5	> 60	12 724	49	3.85

**Tabelle S-2**

Altersabhängigkeit von Translokationen

pelter Antikörper färbt die Zentromere blau.

Bei der FISH-Analyse werden mit 3 Chromosomenpaaren nur ca. 19 % des Genoms analysiert, somit muß eine Hochrechnung auf das Gesamtgenom erfolgen. Es werden nur Metaphasen gewertet, in denen das markierte Material vollständig vorliegt.

Die Kontrollgruppe wurde im Jahre 1997 von 23 Personen auf 38 Personen erhöht, mit einem durchschnittlichen Alter von 44 Jahren. Von jedem Proband wurden 2000 bis 3000 Zellen analysiert, insgesamt 96700 Zellen (**Tabelle S-1**). Die mittlere Häufigkeit pro 100 Zellen beträgt 0,21. Auf

das Genom umgerechnet ergibt sich eine Häufigkeit von 0.69 pro 100 Zellen.

Betrachtet man die Personen in Abhängigkeit ihres Alters (**Tabelle S-2**) ist der Spontanwert bis 40 Jahre konstant, erhöht sich um einen Faktor von ca. 2 für den Bereich > 40 Jahren, und steigt in der Altersgruppe > 50 Jahren weiter an. Eine hohe individuelle Schwankung in den einzelnen Altersgruppen ist auffallend.

Die Personenauswahl sollte erweitert werden, so daß von jeder Altersgruppe gleich viele Probanden ausgewertet sind, um Gesichtspunkte wie Abhängigkeit vom Alter, Abhängigkeit von Rauchgewohnheiten und vom Geschlecht zu erörtern.

---

### **Genotypische Marker für präklinische und nichtinvasive Diagnose von Krebsrisiko und Strahlenempfindlichkeit**

---

*H. Romm, U. Schrader-Reichhardt, M. Reisige, S. Wenzel, D. Westpfahl, G. Stephan, M. Busch, P. Stieber*

Die Suche nach geeigneten prädiktiven Tests in der Strahlentherapie wird augenblicklich vor allem auf zwei Wegen beschritten: über die Messung der Tumorverdoppelungszeit und über die Bestimmung der Strahlenempfindlichkeit im gesunden Gewebe des Patienten. In einer gemeinsamen Studie zwischen dem BfS und dem Klinikum Großhadern ist es beabsichtigt, bei zwei Gruppen von Strahlentherapiepatienten mit der gleichen Grunderkrankung zytogenetische Untersuchungen an den Lymphozyten des peripheren Blutes durchzuführen.

Bei diesen Untersuchungen wird verschiedenen Fragestellungen nachgegangen. Es wird eine Blutprobe vor Beginn der Therapie genommen um Informationen über die spontane Häufigkeit von Aberrationen zu erhalten und um feststellen zu können, ob eine erhöhte Rate an strukturellen Chromosomenaberrationen oder Apoptosen mit der Grunderkrankung assoziiert ist. Durch in vitro Bestrahlung und begleitende Untersuchungen während der Therapie und durch Vergleiche zwischen den Patienten sollen Kriterien zum Nachweis für unterschiedliche Strahlenempfindlichkeiten erarbeitet werden. Die gewonnenen Daten sollen auf ihre Tauglichkeit zur Abschätzung einer individuellen Strahlenempfindlichkeit von Patient und Tumor überprüft werden.

Die Untersuchungen sollen nach Beendigung der Therapie für mindestens ein Jahr weitergeführt werden, um das Verbleiben der Chromosomenaberrationen in den Lymphozyten zu erfassen. Bei Patienten mit großem Bestrahlungsfeld und hohem Anteil an blutbildendem Gewebe werden nach Beendigung der Therapie prinzipiell andere Ergebnisse zu erwarten sein als bei Patienten mit kleinem Bestrahlungsfeld und geringem Anteil an blutbildendem Ge-

webe, weil nur bestimmte Aberrationen (Translokationen) vom Knochenmark ins periphere Blut gelangen. Es wird daher ein unterschiedliches Abklingen der Aberrationen angenommen.

Die Analyse der zytogenetischen Daten zusammen mit den klinischen Befunden der Patienten sollen Aussagen über zytogenetische Marker für Diagnosen von Krebsrisiko ermöglichen. Sie sollen Informationen liefern, die für die Strahlentherapie wichtig sind und prognostische Hinweise über den gesundheitlichen Verlauf des Patienten liefern.

Für die Durchführung der Untersuchungen wurden als Patientengruppen Patienten mit Mammacarcinom (relativ geringer Anteil an blutbildendem Gewebe im Bestrahlungsfeld) und Patienten mit nichtkleinzelligem Bronchialcarcinom (relativ großer Anteil an blutbildendem Gewebe im Bestrahlungsfeld) ausgewählt. Bei beiden Patientengruppen erfolgt im Zusammenhang mit der Strahlentherapie keine Chemotherapie.

Die Teilnahme der Patienten erfolgt nach vorheriger Information auf freiwilliger Basis. Die Behandlung der Tumorerkrankung wird durch die begleitende Untersuchung in keiner Weise beeinflusst oder gar verändert. Bisher konnten von beiden Gruppen 3 Patienten zur Teilnahme gewonnen werden. Mit der Bestimmung der Häufigkeit an Chromosomenaberrationen und Apoptosen wurde begonnen.

---

### **Chromosomenanalyse zum Nachweis von Strahlenexpositionen**

---

*S. Pressl, M. Reisige, S. Wenzel, D. Westpfahl, G. Stephan*

Die Chromosomenanalyse wurde im praktischen Strahlenschutz eingesetzt, wie nachfolgendes Beispiel zeigt. Um sich selbst zu sterilisieren, hat eine Krankenschwester ihren Unterleib in den Jahren von 1992 bis 1996 mehrmals für Stunden mit einem Durchleuchtungsgerät bestrahlt. Die Überprüfung der Strahlenexposition erfolgte mittels konventioneller

Chromosomenanalyse. Es wurden 19 dizentrische Chromosomen und 2 zentrische Ringe in 997 Zellen ermittelt. Alle Aberrationen sind einzeln in Zellen aufgetreten. Der Befund spricht eindeutig für eine Strahlenexposition. Die einzeln in den Zellen auftretenden dizentrischen Chromosomen weisen darauf hin, daß die Gesamtdosis in kleineren Fraktionen verabreicht wurde. Auf der Basis unserer Kalibrierungskurve für 90 kV Röntgenstrahlen (0,1 Gy/min) wurde eine Ganzkörperdosis von 0,2 Gy abgeschätzt. Für dizentrische Chromosomen wird eine biologische Halbwertszeit von 3 Jahren angenommen, d. h. in der Zeit vom Beginn der Expositionen 1992 bis zur Blutentnahme sind dizentrische Chromosomen verloren gegangen. Aus diesem Grunde, und weil die Exposition fraktioniert durchgeführt wurde, muß die insgesamt induzierte Häufigkeit dizentrischer Chromosomen höher gewesen sein. Die abgeschätzte Ganzkörperdosis stellt somit eine untere Dosis dar.

Parallel zu der konventionellen Analyse wurde auch die Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung angewandt, mit der symmetrischen Translokationen erfaßt werden können. Diese Aberrationen unterliegen nicht dem Eliminierungsprozeß wie er für dizentrische Chromosomen gilt. Symmetrische Translokationen können akkumulieren. Aus diesem Grunde sollte deren Häufigkeit durch die zurückliegende Zeit und die Fraktionierung nicht beeinflusst sein. In 1996 analysierten Zellen wurden 27 Translokationen beobachtet, wobei die Chromosomen 2, 4 und 8 markiert waren. Wird die Translokationshäufigkeit mittels Kalibrierungskurve (250 kV, 0,1 Gy/min) in eine Ganzkörperdosis umgewandelt, ergibt sich ein Wert von 0,8 Gy. Wenn man davon ausgeht, daß etwa 20 % des Gesamtkörpervolumens bestrahlt worden sind, ergäbe sich eine Teilkörperdosis von etwa 4 Gy. Dieser Wert ist als grobe Abschätzung zu betrachten.

Es ist wiederholt vorgekommen, daß bei Personen aufgetretene gesundheitliche Beschwerden auf mögliche Strahlenexpositionen zurückgeführt wurden, die schon mehrere Jahre zurücklagen. In manchen Fällen wurden Anträge auf Anerkennung von Berufskrankheiten gestellt. Für die Anerkennung muß jedoch festgestellt sein,

daß der Erkrankte im Zusammenhang mit seiner versicherten Tätigkeit exponiert wurde. In vielen Fällen ist die Rekonstruktion einer physikalischen Dosis nicht möglich, oder sie ist sehr stark von den aus der Erinnerung gemachten Angaben beeinflusst. Die Ergebnisse der biologischen Dosimetrie können in diesen Fällen wesentlich zur Urteilsfindung beitragen. In mehreren Fällen wurde berichtet, daß im Zusammenhang mit dem Reaktorunfall von Tschernobyl Arbeiten am defekten Reaktor durchgeführt wurden und/oder zusätzlich in der 30km-Zone gearbeitet wurde. Bei einer von 3 Personen, die angaben entsprechende Arbeiten durchgeführt zu haben, wurden Chromosomenaberrationen beobachtet. Mit der konventionellen Methode wurden in 1000 Zellen 6 dizentrische Chromosomen und 1 zentrisches Ringchromosom analysiert. Außer der fraglichen Strahlenexposition sind weder berufliche noch medizinische Expositionen bekannt. Auf der Basis unserer Kalibrierungskurve für Co-(-Strahlung läßt sich eine Ganzkörperdosis von ca. 0,2 Gy abschätzen. Unter Berücksichtigung der biologischen Halbwertszeit von dizentrischen Chromosomen (3Jahre) müßte die initiale Aberrationshäufigkeit höher gewesen sein und einer Ganzkörperdosis bis etwa 0,8 Gy entsprochen haben. Mittels FISH-Technik wurden 3084 Zellen analysiert und dabei 29 Translokationen beobachtet. Wird die mittlere Häufigkeit mittels Kalibrierungskurve für 250 kV (0,1 Gy/min) in eine Ganzkörperdosis umgewandelt, ergibt sich ein Wert von 0,6 Gy. In diesem Fall sind die Dosisabschätzungen mittels dizentrischer Chromosomen und symmetrischen Translokationen in guter Übereinstimmung.

### **Chromosomenuntersuchungen bei ehemaligen Beschäftigten der Wismut AG**

S. Pressl, M. Reisige, S. Wenzel, D. Westpfahl, G. Stephan

In Zusammenarbeit mit dem Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) werden bei ehemaligen Bergarbeitern der Wismut AG Chromoso-

menuntersuchungen durchgeführt: Es wurden drei Gruppen, jede bestehend aus 10 Personen, gebildet, die sich in der Expositionshöhe unterscheiden. Die Expositionen liegen zwischen 0 und >1000 Working Level Months (WLM). Die zytogenetischen Befunde sollen mit den von den einzelnen Bergarbeitern vorliegenden Daten (physikalische und medizinische) zusammengeführt und analysiert werden. Durch Kodierung der Blutproben ist gewährleistet, daß beim Auswerten die Exposition der betreffenden Person nicht bekannt ist. Erst nach Beendigung der Studie wird die Kodierung aufgehoben. Bisher wurden von 16 Personen in konventionell FPG-gefärbten Chromosomenpräparaten die Häufigkeit der dizentrischen Chromosomen bestimmt. Pro 1000 Zellen und Person wurden zwischen 0 und 6 dizentrischen Chromosomen (dic) beobachtet, die mittlere Häufigkeit betrug 2,6 dic/1000 Zellen (16.241 ausgewertete Zelle, 42 dizentrische Chromosomen). Die Translokationen wurden mittels FISH-Technik bisher bei 3 Personen durchgeführt.

### **Induktion von Apoptose in humanen Zell-Linien durch Gammabestrahlung im niedrigen Dosisbereich**

A. Erzberger, S. Widemann, T. Jung

Nur durch Aufrechterhaltung eines Gleichgewichts zwischen Zellproliferation und Zelltod kann die Homeostase multizellulärer Organismen gewährleistet werden. Während das Forschungsinteresse zunächst vorwiegend der Zellproliferation galt, wurde der natürliche Zelltod erst 20 Jahre nach seiner Erstbeschreibung durch Kerr (1972) zu einem intensiv erforschten Gebiet in der Zellbiologie. Diese physiologische Form des Zelltods ist genetisch kontrolliert und wird programmierter Zelltod oder Apoptose genannt.

Die Apoptose ist durch charakteristische morphologische und biochemische Merkmale gekennzeichnet und spielt eine wichtige Rolle in der Entwicklung des Organismus und bei der Abwehr potentiell

gefährlicher Zellen, wie autoreaktiver T- und B- Lymphozyten, Virus-infizierter oder Tumorzellen. Fehlgeleitete Apoptose ist an der Entstehung und Ausprägung vieler Krankheitsbilder wie AIDS, neurodegenerativen Prozessen und Krebs beteiligt. Der Ablauf der Apoptose ist zwar, soweit bekannt, bei allen Zelltypen ähnlich, es gibt aber viele unterschiedliche Auslöser. Interne Auslöser können das Altern der Zellen sein, Kontaktverlust zu Nachbarzellen, wodurch die Zellen nicht mehr mit von den Nachbarn abgegebenen Wachstumsfaktoren versorgt werden, aber auch hormonelle Veränderungen. Als externe Auslöser wirken ionisierende Strahlung oder toxische Stoffe, die die DNA schädigen.

Zwischen dem apoptoseinduzierenden Stimulus und den Genen bzw. Proteinen, die die Apoptose durchführen, liegt eine Signaltransduktionskette, die durch verschiedene „second messenger“ wie Kalzium, cyclic-AMP, Ceramide oder direkte DNA-Schädigung ähnlich mannigfaltig sein kann wie die Stimuli selbst. Im Gegensatz zur Nekrose, einem degenerativen, nicht genetisch kontrollierten Vorgang, der immer von einer schweren irreparablen, meist mechanischen Schädigung der Zelle begleitet ist, beginnt die Zelle bei der Apoptose zu schrumpfen und löst sich von ihren Nachbarzellen. An der Zelloberfläche bilden sich Bläschen, die Organellen behalten noch ihre Struktur, nur der Zellkern – der sich bei der Nekrose kaum verändert – bekommt ein völlig anderes Aussehen. Das Chromatin kondensiert mit den an die DNA gebundenen Proteinen zu Klumpen, die sich in den Randbereichen des Zellkerns sammeln. Häufig wird eine apoptotische Zelle schon in diesem Stadium von den Freizellen des Immunsystems abgebaut, ohne daß eine Entzündungsreaktion einsetzt, wie sie typischerweise bei der Nekrose auftritt.

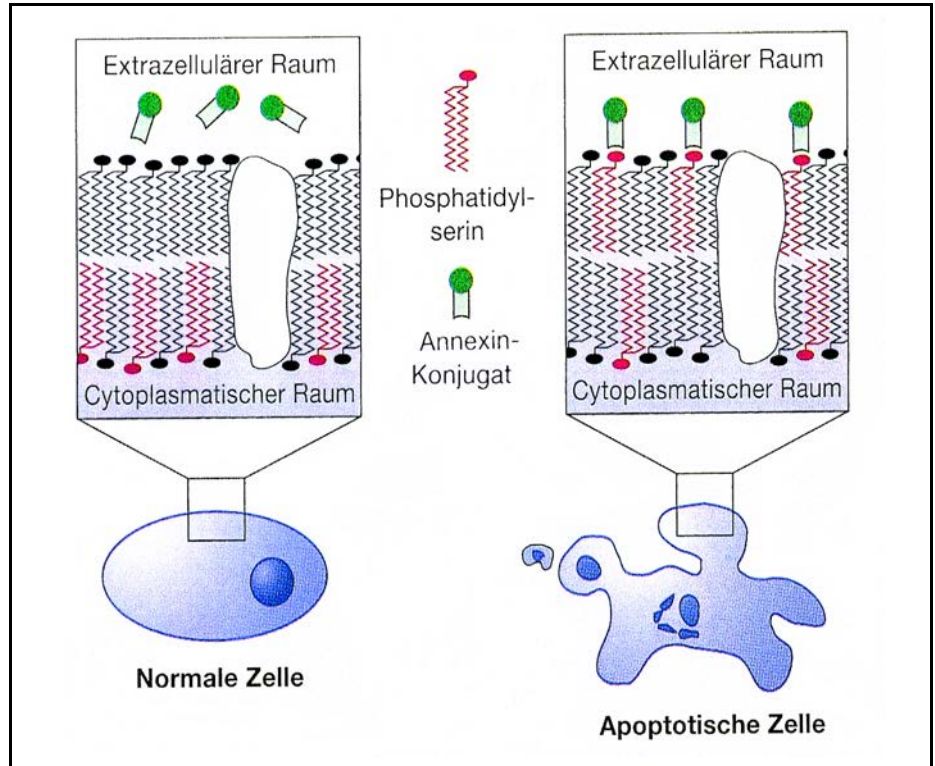
Wird die sterbende Zelle nicht vom Immunsystem entdeckt, macht sie weitere Veränderungen durch: Der Kern bricht auseinander und die Zelle selbst zerfällt in viele membranumhüllte Teile – die apoptotischen Körperchen – von denen manche ein oder zwei Kernbruchstücke enthalten. Diese Reste werden von den Nachbarzellen oder den Immunzellen beseitigt, wie-

derum ohne daß eine Entzündung entsteht.

Eine weitere Besonderheit der Apoptose ist, daß das Chromatin in Fragmente einer bestimmten Größenverteilung zerschnitten wird. Bei der gelelektrophoretischen Auftrennung zeigt sich eine Serie von Banden, während bei nekrotischen Zellen eine Schmierspür entsteht, was auf einen unregelmäßigen Zerfall der DNA hindeutet. Bei der Apoptose dagegen findet ein enzymatischer Abbau zwischen den Nukleosomen statt, was zu dem charakteristischen Leiternmuster führt.

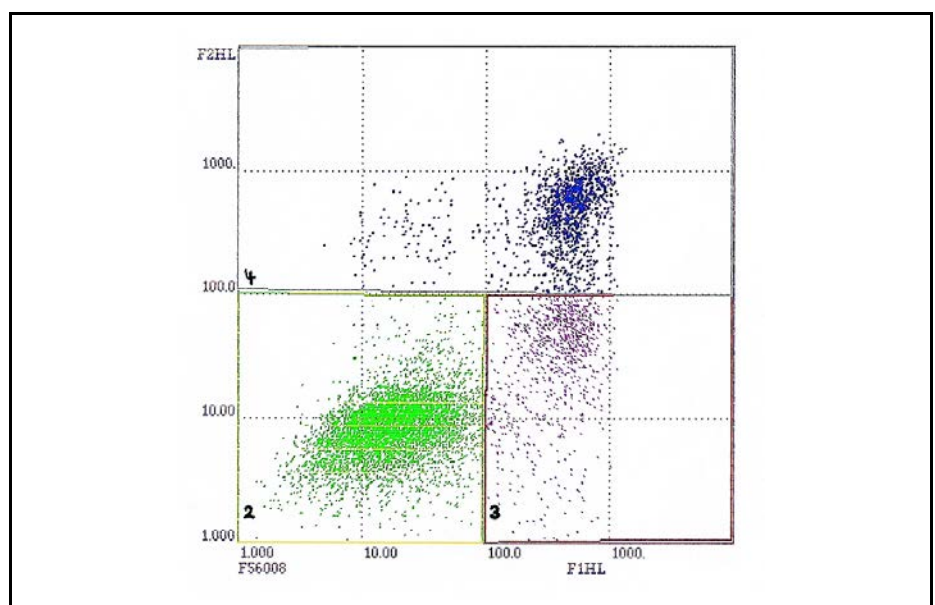
Diese für die Apoptose charakteristischen Zellveränderungen können zum Nachweis der Apoptose verwendet werden. In unserem Labor wird derzeit, neben der DNA-Anfärbung mit Acridinorange und Ethidiumbromid, die Annexinfärbung zur Bestimmung der frühen Apoptose verwendet (**Abbildung S-1**). Hierbei werden Änderungen in der Plasmamembran während der frühen Apoptose genutzt. Eine dieser Änderungen ist die Translokation von Phosphatidylserin (PS), welches normalerweise nur auf der zytoplasmatischen Innenseite der Membran lokalisiert ist, auf die Außenseite der Membran. Annexin ist ein Kalzium-abhängiges, Phospholipid-bindendes Protein mit einer hohen Affinität für PS. Dieses Protein kann somit als empfindliche Sonde für PS auf der Membranaußenseite apoptotischer Zellen eingesetzt werden und ist in fluoreszenzmarkierter Form zur Detektion apoptotischer Zellen geeignet. Da nekrotische Zellen durch den Verlust der Membrantegrität ebenfalls Annexin binden, wird zur Diskriminierung der apoptotischen von nekrotischen Zellen simultan Propidiumiodid verwendet, ein DNA-Farbstoff, der nur die permeabilisierten Membranen nekrotischer Zellen passieren kann. So sind Zellen, die sich in einem frühen Stadium der Apoptose befinden mit Annexin (F1) markiert, nicht jedoch mit Propidiumiodid (F2). Die Auswertung kann am Fluoreszenzmikroskop oder am Durchflußzytometer vorgenommen werden (**Abbildung S-2**).

Derzeit werden Versuche, bei denen Apoptose in humanen Keratinozyten- (SCL-2) bzw. Lymphoblasten- (TK6) Zell-Linien durch Gammastrahlung im niedrigen Dosisbereich ausgelöst wird, durchgeführt.



**Abbildung S-1**

Nachweis von Apoptose mit fluoreszenzmarkiertem Annexin. An eine gesunde Zelle kann Annexin nicht binden. Nach Translokation der Phosphatidylserin an die Außenseite der Membran bei apoptotischen Zellen ist der Nachweis mit Annexin möglich. (nach Boehringer, Biochemica Information, 99 (1996))



**Abbildung S 2**

Nachweis von Apoptose mit fluoreszenzmarkiertem Annexin (F1) im Durchflußzytometer

**Stand der deutschen Uranbergarbeiterstudie**

A. Brachner, K. Martignoni, B. Grosche, M. Schnelzer, H.-J. Schopka

**Datenerhebung**

Für die geplante deutsche Uranbergarbeiterstudie werden seit 1993 im Auftrag des BfS vom Hauptverband der Gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) für 60.000 zufällig ausgewählte Wismutbeschäftigte nach einem vorgegebenen Katalog Daten erhoben, die sich auf Alter, Geschlecht, Berufsanamnese, Strahlenexposition, Rauchen und verfügbare Gesundheitsdaten wie Röntgenuntersuchungen, Berufskrankheiten, etc. beziehen. Die Datenerfassung wurde Ende 1997 abgeschlossen. Damit stehen diese Daten zusammen mit den Ergebnissen einer Pilotstudie, die zwischen September 1996 und 1997 durchgeführt wurde, und den Befunden aus dem Pathologieprojekt des Deutschen Krebsforschungszentrums (DKFZ) Heidelberg, das noch weitergeführt wird, für die geplante Kohortenstudie zur Verfügung.

Zur Stichprobenziehung wurde auf zwei vorhandene Personaldateien (GOMS und HARRY) zurückgegriffen. In der sogenannten GOMS-Datei sind alle Beschäftigten des Wismutbetriebs 09 (Aue) aufgeführt, der Bergwerke in Sachsen für die Zeit von 1946 bis 1989 umfaßte. In der HARRY-Datei sollten nach ursprünglichen Angaben nur Beschäftigte aus Betrieben in Thüringen enthalten sein. Bei der Datenerfassung stellte sich jedoch heraus, daß in der HARRY-Datei zwar Beschäftigte aus thüringischen Betrieben enthalten waren, aber es wurden auch Personen festgestellt, die z. B. zuvor in Sachsen tätig waren. Zur Auslese der „reinen Thüringer“ wurde deshalb ein aufwendiges Auswahlverfahren notwendig.

Derzeit liegen dem BfS Datensätze für rund 40.000 Wismutbeschäftigte vor, darin sind etwa 3.500 Frauen enthalten. In **Tabelle S-3** ist die Verteilung dieser Beschäftigten auf die drei definierten Tätigkeitspe-

Kohorte	Anzahl	Anteil (%)	GOMS	Anteil (%)	HARRY	Anteil (%)
A (46-54)	17.692	44,5	13.677	47,4	4.015	36,7
B (55-70)	13.503	33,9	10.346	35,8	3.157	28,9
C (71-89)	8.516	21,4	4.811	16,7	3.705	33,9
> 89	90	0,2	34	0,1	56	0,5
insgesamt	39.801	100	28.868	100	10.933	100

**Tabelle S-3**  
Zusammensetzung der bisher erhobenen Datensätze

rioden und die beiden Länder Sachsen und Thüringen aufgeführt.

**Vorläufige Ergebnisse der Datenerhebung**

Die vorläufigen Ergebnisse gelten für rund zwei Drittel der bisher erfaßten Wismutbeschäftigten.

- **Vitalstatus:** Wenig befriedigend sind die Angaben zum Vitalstatus. Für 20 % der erfaßten Beschäftigten gibt es keine Angaben, 16 % sind verstorben.
- **Rauchverhalten:** Eine Angabe zum Rauchverhalten ist für 23,1 % (n = 9.187) der bisher erfaßten Beschäftigten vorhanden. Danach sind knapp ein Drittel (31,5 %) der Beschäftigten starke Raucher, weniger als die Hälfte Nichtraucher (45,4 %). Da die Angaben zum Raucherstatus bei der bisherigen Datenerfassung unbefriedigend sind, wurde mit dem HVBG ein Zusatzprogramm abgesprochen, in dem jetzt nicht nur die letzten, sondern alle medizinischen Unterlagen (ATÜ-Bögen) eines Beschäftigten für das Rauchverhalten ausgewertet werden.
- **Altersverteilung der Probanden:** Die Altersverteilung der bisher erfaßten Wismutbeschäftigten zeigt einen Schwerpunkt bei den Geburtsjahrgängen 1920 bis 1940, d. h. den heute 57 bis 77-jährigen (**Tabelle S-4**).

Das durchschnittliche Alter der Lebenden am 31.12.1996 betrug 56,6 Jahre (**Tabelle S-5**). Die Kohorte A hat bereits ein durchschnittliches Alter erreicht, in dem nach bisherigen Er-

Geburtsjahr	Anzahl	Prozent
< 1911	2.713	6,8
1911 – 1920	3.971	10
1921 – 1930	9.942	25
1931 – 1940	11.059	27,8
1941 – 1950	4.743	11,9
1951 – 1960	4.156	10,4
1961 – 1970	2.891	7,3
> 1970	326	0,8
insgesamt	39.801	100

**Tabelle S-4**  
Verteilung der bisherigen Kohorte nach Geburtsjahrgängen

Kohorte	Alter (31.12.1996)	Anzahl
A (1946–1954)	69	8.818
B (1955–1970)	58,9	9.118
C (1971–1989)	39,3	7.416
> 1989	33,6	77
insgesamt	56,5	25.429

**Tabelle S-5**  
Alter der lebenden Beschäftigten

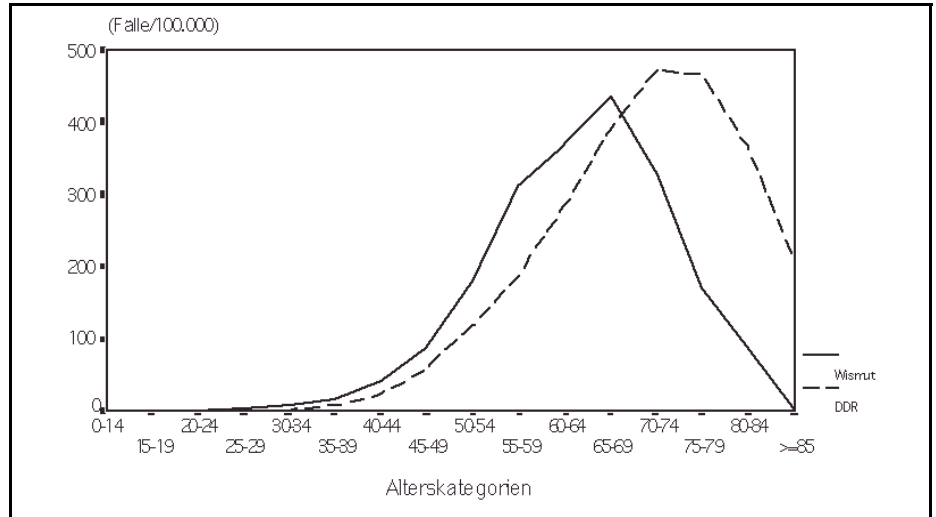
fahrungen aus anderen epidemiologischen Studien strahlenbedingte Lungenkrebsfälle vermehrt auftreten sollten. Dagegen kann für die Kohorte C davon ausgegangen werden, daß sie mit durchschnittlich rund 39 Jahren für ein gehäuftes Auftreten von Lungenkrebs noch zu jung ist.

- **Lungenkrebshäufigkeit:** Ein Lungenkarzinom (BK92) wurde bei 2,3 % (n = 923) der 39.801 Beschäftigten als Berufskrankheit gemeldet, als Berufskrankheit anerkannt wurden davon 88,2 % der Fälle. Nach der Überprüfung der Sektionsunterlagen durch das DKFZ (Pathologie-Projekt) erhöhte sich die Zahl bisher bekannter Lungenkrebsfälle um 118 auf 1.041.

Für den Zeitraum von 1958 bis 1991 wurden die altersspezifischen Inzidenz- bzw. Mortalitätsraten auf der Grundlage der bisher bekannten 1.028 Lungenkrebsfälle der männlichen Beschäftigten aus Kohorte A und B berechnet. Zum Vergleich dienten die Lungenkrebsraten der männlichen Bevölkerung der DDR für den Zeitraum von 1978 bis 1982 (Quelle: Cancer Incidence in 5 Continents). Wie **Abbildung S-3** zeigt, ist die Lungenkrebshäufigkeit bei den Wismutbeschäftigten deutlich nach jüngeren Altersklassen verschoben. Bei der gegebenen Altersverteilung wären nach den Daten des Krebsregisters der DDR 822 Fälle zu erwarten gewesen. Die Zahl der zusätzlichen Lungenkrebsfälle dürfte allerdings noch höher sein, weil davon ausgegangen werden muß, daß bei der Wismut die Erfassung der Lungenkrebsfälle nicht vollständig war.

Eine erste Auswertung der Daten des Pathologischen Instituts in Stollberg, in der die Sektionsergebnisse für Wismutbeschäftigte erfaßt sind, zeigt für die Jahre 1979 bis 1989 im Vergleich zur Pathologie Dresden (übrige Bevölkerung) eine rund viermal größere Lungenkrebshäufigkeit (34,2 % im Vergleich zu 8,8 %, **Tabelle S-6**).

Im Archiv des Pathologischen Instituts in Stollberg liegen mehr Lungenkrebsfälle und auch Fälle mit anderen Krebsarten als in der Meta-Analyse al-



**Abbildung S-3**  
Altersspezifische Lungenkrebsrate (Wismut vs. DDR-Bevölkerung)

Autopsiefälle	Wismutbeschäftigte (n = 6.808)		Dresden (n = 8.845)	
	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)
Magen	245	3,6	280	3,2
Kolon	69	1,0	198	2,2
Leber	71	1,0	75	0,8
Lunge	2.327	34,2	774	8,8
Blase	75	1,1	128	1,4
Prostata	122	1,8	91	1,0
Leukämie	76	1,1	133	1,5
Sonstige	461	6,8	818	9,2

**Tabelle S-6**  
Sektionsergebnisse der Pathologie Stollberg (Wismutbeschäftigte) und Dresden (übrige Bevölkerung) für die Jahre 1979 bis 1989

Vitalstatus	Anzahl	Anteil (%)
verstorben	333	72,7
noch so gemeldet	38	8,3
nicht zu ermitteln (Landratsamt)	28	6,1
nicht zu ermitteln (Einwohnermeldeamt)	43	9,4
unbekannt verzogen	16	3,5
insgesamt	458	100

**Tabelle S-7**  
Ergebnisse der Pilotstudie



ler bisher veröffentlichten Bergarbeiterstudien im Zusammenhang mit erhöhten Radonexpositionen enthalten sind (Lubin *et al.*, 1994; Darby *et al.*, 1995). Für andere Tumorarten als Lungenkrebs läßt sich anhand der Rohdaten kein Unterschied gegenüber der Pathologie Dresden feststellen.

### Ergebnisse der Pilotstudie durch das Deutsche Krebsforschungszentrum in Heidelberg (DKFZ)

In einer Vorstudie zur Kohortenstudie mit 458 Beschäftigten, die zum größten Teil als verstorben bekannt waren (bei einem kleinen Anteil war der Vitalstatus unbekannt), sollte geklärt werden, ob ein Inzidenz- und Mortalitäts-Follow-up der Wismutbeschäftigten sichergestellt werden kann. Für die ausgewählten Probanden sollten die folgenden Angaben ermittelt werden:

- letzter Wohnort mit aktueller Anschrift,
- Sterbeort und Todesdatum,
- Todesursache durch Einsicht in den Totenschein.

Außerdem sollte ein Abgleich mit den Befunden der Sektionsdaten aus dem Pathologieprojekt des DKFZ und – soweit möglich – mit dem gemeinsamen Krebsregister der Neuen Bundesländer und Berlin durchgeführt werden.

Bei 71 der vorgegebenen 458 Personen (15,5 %) konnte keine Anschrift ermittelt werden, der Anteil unbekannt verzogener Personen lag bei 3,5 %. Der größte Teil der nicht zu ermittelnden Adressen war auf eine unzureichende Adressenangabe durch den HVBG zurückzuführen. An einer Verbesserung der Situation wird gearbeitet. Während der Laufzeit der Studie konnte in rund 73 % der Fälle die Todesursache ermittelt werden (**Tabelle S-7**). Die Erfolgsquote der Datenermittlung dürfte sich für die eigentliche Studie noch erhöhen, weil die Vorstudie nur Probanden umfaßte, die bereits vor längerer Zeit gestorben waren, bzw. deren Vitalstatus unbekannt war.

### Weiterführende Arbeiten

Die Datensätze konnten durch den HVBG nur in enger Zusammenarbeit mit dem BfS erstellt werden, weil im Verlauf des Erhebungsprozesses zahlreiche Einzelfragen wie die Definition der unter Tage-Tätigkeit, Erfassung von Ausfallzeiten, Abgrenzung der Thüringer und Sächsischen Wismutbetriebe etc. zu klären waren. Dies führte auch dazu, daß der Vertrag zwischen HVBG und BfS mehrmals im Zeitverlauf und für Aufstockungen geändert werden mußte. Für die 60.000 Datensätze sind neben Prüfungen auf Vollständigkeit noch weitere Plausibilitätsprüfungen notwendig. Notwendige Korrekturen und Nacharbeiten bei der Datenerhebung sollten im ersten Halbjahr 1998 abgeschlossen werden können. Mit dem Follow-up für die Kohortenstudie soll Mitte 1998 begonnen werden.

### Untersuchungen zur Wirkung von verschiedenen Strahlenqualitäten (Alpha- und Röntgenstrahlen) auf humane primäre Keratinozyten und eine etablierte Hauttumorzelllinie (SCL II)

*E. Nürnberger, V. Jenei, E. Konhäuser, T. Jung*

In Untersuchungen aus dem vergangenen Jahr (siehe BfS Jahresbericht 1996) konnte gezeigt werden, daß verschiedene Strahlenarten mit unterschiedlicher Ionisationsdichte (Alpha- und Röntgenstrahlen) bei gleicher Energiedosis unterschiedlich starke biologische Wirksamkeit auf gesunde menschliche Hautzellen zeigen. Durch In-vitro-Versuche an primären Keratinozyten wurde an Hand der verminderten Proliferationsfähigkeit in Klonierungstests gezeigt, daß die Schwere und Irreparabilität der zellulären Schäden bei gleicher Dosis nach Alphastrahlung im Vergleich zu Röntgenstrahlung signifikant zunahm.

Ein weiterer, für den Strahlenschutz interessanter Aspekt war die Frage, ob sich bei vergleichenden Untersuchungen an pri-

mären und etablierten humanen Zellkulturen unterschiedliche Strahlenempfindlichkeiten bei den verschiedenen Zellen mit dem gleichen zellulären Ursprung beobachten lassen.

### Ergebnisse

Im Anschluß an die Versuche mit primären humanen Keratinozytenkulturen wurden zum Vergleich Parallelversuche an einer etablierten Hauttumorzelllinie (SCL II) durchgeführt, deren Klonierungs- bzw. Proliferationsfähigkeit nach Alpha- und Röntgenbestrahlung ebenfalls über den „Plating Efficiency“-Test untersucht wurde.

Die Auswertung der Daten zeigte neben den unterschiedlichen Wirkungen der beiden Strahlenarten auch eine unterschiedliche Strahlenempfindlichkeit der beiden Zelllinien (**Abbildung S-4**):

Die Relative Biologische Wirksamkeit (RBW) für Alpha-Strahlen in Bezug auf die Überlebensfähigkeit im Klonierungstest kann für humane primäre Keratinozyten in vitro mit 8,0 und für die SCL II Zelllinie mit 8,7 angegeben werden, ausgewertet nach dem Linear-quadratischen Modell.

In den Versuchen reagierten die gesunden nativen Hautzellen im Vergleich zur Tumorzelllinie um den Faktor 1,8 empfindlicher auf Röntgenstrahlen und um den Faktor 1,6 empfindlicher auf Alpha-Strahlen.

### Diskussion

Unsere Versuche haben gezeigt, daß Alpha-Strahlen auf humane primäre Keratinozytenkulturen eine niedrigere „Relative Biologische Wirksamkeit“ zeigen als in anderen bislang untersuchten Zellmodellen und Untersuchungen am Tier. Hier wird nochmals die Problematik der Extrapolation vom Laborversuch an Tumorzellen bzw. vom Tiermodell auf den Mensch deutlich. Die von uns ermittelten niedrigeren RBW-Werte stellen aber den im Strahlenschutz festgelegten Strahlenwichtungsfaktor (WR) von 20 für Alpha-Strahlen nicht in Frage, da dieser aus Sicherheitsgrün-

den einen breiteren Bereich abdecken muß, um auch Schwankungen und Unsicherheiten betreffend der o. g. Extrapolationen und der biologischen Wirkungen im Niedrigdosisbereich, die noch weitgehend unbekannt sind, einzubeziehen.

Da der „Plating Efficiency“-Test keine Aussage über die molekularbiologischen Mechanismen und Abläufe in Zellen nach Einwirkung von verschiedenen ionisierenden Strahlen liefern kann, deren Effekte sich letztlich in den hier gefundenen relativ niedrigen RBW-Werten manifestieren, sind weitere Untersuchungen auf zellulärem, molekulargenetischem Niveau notwendig.

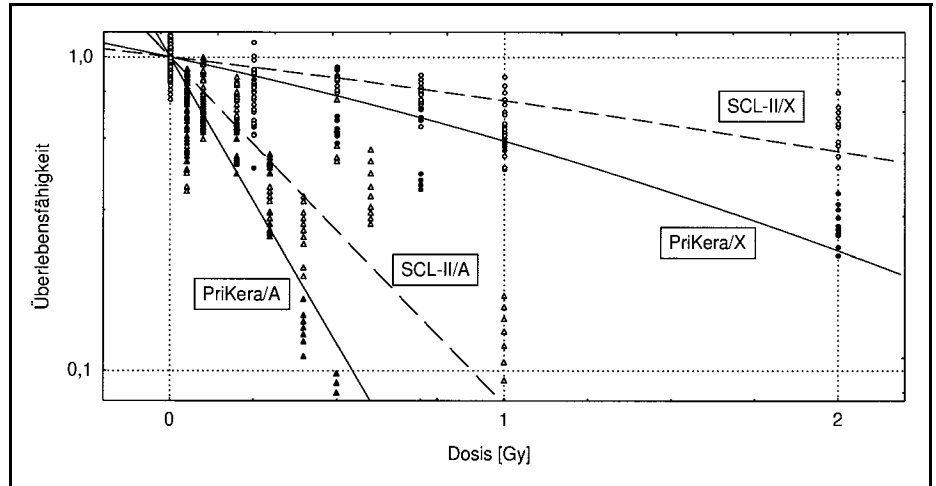


Abbildung S-4

Überlebensfähigkeit von primären humanen Keratinozyten und Hauttumorzellen (SCL-II) nach Alpha- (A) und Röntgenbestrahlung (X)

**EU-Projekt ESOREX – European Study of Occupational Radiation Exposure**

G. Frasch, E. Anatschkova

Am ISH wird im Auftrag der Europäischen Kommission eine Studie über die Organisation der beruflichen Strahlenschutzüberwachung in den Mitgliedsländern der Europäischen Union und weiteren Staaten durchgeführt. Anlaß für das Projekt waren zwei aktuelle Entwicklungen, welche die Überwachung der beruflich strahlenexponierten Arbeitskräfte in der Europäischen Union künftig beeinflussen werden:

**1. Neue Strahlenschutzgrundnormen**

1996 führte die Europäische Kommission mit der Verabschiedung der Strahlenschutzgrundnormen [1] neue Grenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen ein und fordert, in noch festzulegenden Arbeitsbereichen, auch die Überwachung der natürlichen Strahlenexposition am Arbeitsplatz. Dies hat zur Folge, daß Dosen aus beruflicher Exposition und unter Einbeziehung neuer Arbeitsbereiche, überwacht werden müssen. Da die Europäischen Grundnormen für die Mitgliedstaaten bindendes Recht sind, müssen sie binnen vier Jahren in geeignete nationale Rechtsvorschriften umgesetzt werden.

**2. Freizügigkeit der Arbeitskräfte**

Wegen der Freizügigkeit der Arbeitskräfte im Gemeinsamen Markt muß die Fortschreibung der individuellen Dosishistorie einer Arbeitskraft auch bei grenzüberschreitender beruflicher Veränderung sichergestellt werden. Die berufliche Strahlenschutzüberwachung muß künftig bei der individuellen Dosisbilanz auch im Ausland erhaltene Strahlendosen berücksichtigen.

Damit die Staaten den neuen Anforderungen gerecht werden können, will die Europäische Kommission eine „Harmonisierung“ der verschiedenen nationalen Erfassungs- und Überwachungssysteme für beruflich strahlenexponierte Personen einleiten. Der Harmonisierungsprozeß soll durch Empfehlungen unterstützt werden. Voraussetzung hierfür sind verlässliche Informationen über die bestehenden nationalen Systeme zur Überwachung der beruflichen Strahlenexposition.

**Inhalt und Durchführung der Studie**

Das ESOREX-Projekt wird derzeit in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union sowie in Island, Norwegen und der Schweiz durchgeführt. 1998 wird es auf zehn osteuropäische Länder, welche Inter-

esse an einer Mitgliedschaft in der Europäischen Union zeigen, nämlich Bulgarien, Estland, Lettland, Litauen, Polen, Rumänien, Slowakische Republik, Slowenien, Tschechische Republik und Ungarn, ausgeweitet werden. Es besteht aus zwei Teilen:

**Teil I: Erhebung der Überwachungssysteme**

Im ersten Teil der Studie wird in jedem Land das System zur Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen untersucht. Weil diese Systeme in den verschiedenen Ländern sehr heterogen angelegt sind, kann eine detaillierte, qualitative Erhebung nicht anhand eines starr vorgegebenen Schemas durchgeführt werden. Die Informationen werden deshalb mittels strukturierter Interviews in den Dienststellen der Länder erhoben. Die Auswertung erfolgt unter dem Gesichtspunkt der Vergleichbarkeit und Vereinheitlichung der nationalen Strahlenschutzüberwachung.

**Teil II: Erhebung der beruflichen Strahlenexposition**

Im zweiten Teil wird in jedem Land eine Datenerhebung durchgeführt und ein ver-

gleichender Dosisbericht über strahlenexponierte Arbeitskräfte des Kalenderjahres 1995 erstellt. Erhoben werden die Anzahl der beruflich Strahlenexponierten und deren Individual- und Kollektivdosen, verteilt nach Dosisklassen, den Kategorien A und B sowie Tätigkeitsmerkmalen. Die Erhebung wird schriftlich, mittels standardisierter Fragebögen durchgeführt, weil die zu erhebenden quantitativen Daten über Beschäftigte, Arbeitsbereiche und gemessene Dosen leichter zu standardisieren sind, im Gegensatz zu den Daten der Überwachungssysteme.

Die statistische Analyse der Verteilungen von Individual- und Kollektivdosen sowie der Grenzwertüberschreitungen orientiert sich auch hier an den größten verfügbaren Gemeinsamkeiten in den Datenstrukturen. Sie soll noch bestehende Möglichkeiten für individuelle und kollektive Dosisreduzierungen aufzeigen. Die Europäische Kommission hat die Absicht, diese Dosisberichterstattung jährlich fortzuschreiben.

### Projektbegleitende Workshops

Das Projekt wird von einem einführenden und einem abschließenden Workshop eingeraht. Der Einführungsworkshop wurde im Mai 1997 in Luxemburg mit Experten aus 15 Ländern durchgeführt [2]. Er lieferte die Basisinformationen über die Organisation des beruflichen Strahlenschutzes in den Staaten und bereitete die Zusammenarbeit vor. Diskutiert wurden zahlreiche Themen der beruflichen Strahlenschutzüberwachung, die das Schlagwort von der „Harmonisierung“ mit Inhalt füllen (z. B. legal provisions, monitoring and registration systems, workers classification schemes, radiation passbooks, European dose registry?, neutron dosimetry, not measurably exposed persons, external exposure and incorporation, notional doses, data processing and exchange).

In einem abschließenden Symposium werden 1999 die Resultate der Studie präsentiert werden. Dann werden die spezifischen Probleme diskutiert, welche die Länder mit ihren gegenwärtigen Systemen haben, welche Vorteile sie sich von einer europäischen Lösung versprechen, wie

sie die Chancen für eine Realisierung einschätzen, aber auch welche Befürchtungen sie mit einer Harmonisierung verbinden. Die Veranstaltung wird gleichzeitig der Auftakt zu einem neuen Projekt sein, dessen Gegenstand die Ausarbeitung technischer Empfehlungen zur Harmonisierung der beruflichen Strahlenschutzüberwachung in Europa sein wird.

- [1] Richtlinie 96/29/Euratom des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlung
- [2] European Study of Occupational Radiation Exposure – ESOREX - proceedings of the introductory workshop held in Luxembourg, May 20th – 21st, 1997; BfS-ISH 180/97

### Mikrobielle Strahlenresistenz

G. Schneider

Da die Radioaktivität mit der Entstehung des Weltalls auftritt, waren Lebewesen von alters her mit der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung konfrontiert. Durch die Anregung und Ionisation von Atomen und die Bildung freier Radikale greift die ionisierende Strahlung Molekülstrukturen an. Ist dabei die DNA, der zentrale Informationsträger der Zelle, betroffen, hat dies Folgen für die Lebensfähigkeit des Gesamtorganismus, die die strukturelle Integrität der DNA nicht nur für die gesicherte Weitergabe der Erbsubstanz an Tochterzellen sondern auch für die Aufrechterhaltung des Zellstoffwechsels voraussetzt.

Als Folge der Einwirkung ionisierender Strahlen kommt es zu Einzel- und Doppelstrangbrüchen sowie zu strukturellen Veränderungen innerhalb des DNA-Moleküls. Um das Überleben der Zellen zu sichern, war die Entwicklung von Reparaturmechanismen essentiell.

An den wichtigsten DNA-Reparaturmechanismen sind eine Vielzahl von Proteinen und Enzymen wie beispielsweise rec-A-

Proteine, Glycosylasen, Endonucleasen, DNA-Polymerasen und Ligasen beteiligt [4, 5]. Sie erkennen die beschädigte DNA, schneiden das fehlerhafte Stück heraus und ersetzen es durch eine neusynthetisierte DNA-Sequenz (Excisionsreparatur). Dabei benutzen sie den komplementären Strang als Matrize. Komplizierter ist dagegen die Reparatur von Doppelstrangbrüchen. Sie ist mit vielen Fehlern behaftet und setzt voraus, daß das beschädigte DNA-Stück in mehreren Kopien im Erbgut vorliegt. Solche Schäden werden in rekombinationsähnlichen Vorgängen behoben [7].

Während der mehrzellige Organismus einen Zellverlust möglicherweise ausgleichen kann, hat dies für Einzeller letale Auswirkungen. Letztere sind deshalb auf eine zuverlässige Reparatur der DNA angewiesen. Zu welchen Hochleistungen diese Reparaturwerkzeuge in der Lage sind, zeigt die Strahlenresistenz des Bakteriums *Deinococcus radiodurans*, welches in bestrahlten Fleischkonserven entdeckt wurde. Kulturen von *Deinococcus radiodurans* überleben die Strahlendosis von 15.000 Gy. Damit gehört das Bakterium zu den strahlenresistentesten Lebewesen.

Seine Resistenz begründet *Deinococcus radiodurans* auf die Effizienz der Reparatursysteme. Sie sind in der Lage 100 Doppelstrangbrüche pro Chromosom zu reparieren, andere Bakterien wie z. B. *Escherichia coli* vermögen lediglich 2 bis 3 Doppelstrangbrüche pro Chromosom auszumerzen. Für die Reparatur stehen *Deinococcus radiodurans* beispielsweise verschiedene Typen von Endonucleasen zu Verfügung. Außerdem liegt das Bakterienchromosom in bis zu 10 Kopien vor, eine wichtige Voraussetzung für die korrekte Reparatur der Doppelstrangbrüche. Neben der Resistenz gegenüber ionisierender Strahlung ist das Bakterium auch unempfindlich gegenüber hoher UV-Einstrahlung (500 J/m<sup>2</sup>) und DNA-schädigenden Agenzien [1, 2, 6].

Für das Bakterium bedeutet seine außerordentliche Strahlenresistenz ein Selektionsvorteil in extremen Lebensräumen. *Deinococcus radiodurans* wurde in verwitterten Granitgesteinen in der Antarktis

oder in einen Schutzbecken für eine Kobalt-60-Quelle gefunden.

Die Eigenschaft des Bakteriums könnte auch für den Menschen von Nutzen sein. Nach der Kombination der Strahlenresistenz mit weiteren mikrobiellen Leistungen wie der Zerlegung von schwerabbaubaren, chlorierten Kohlenwasserstoffen könnte der Mikroorganismus für den Schadstoffabbau in Atomanlagen eingesetzt werden. Zwar wird dadurch nicht die Strahlung verringert, aber es besteht die Möglichkeit giftige organische Verbindungen, die auch in diesen Anlagen gegenwärtig sind, zu entfernen. In ersten Untersuchungen werden die für den Schadstoffabbau notwendigen Enzyme in *Deinococcus radiodurans* eingeschleust [3].

- [1] Agostini, H.J., Carroll, J.D., Minton, K.W. Identification and characterization of *uvrA*, a DNA repair gene of *Deinococcus radiodurans*. J. Bacteriol. 178 (1996), p. 6759–6765
- [2] DiRuggiero, J., Santangelo, N., Nakkerdien, Z., Ravel, J., Robb, F.T. Repair of extensive ionizing-radiation DNA damage at 95°C in the hyperthermophilic archeon *Pyrococcus furiosus*. J. Bacteriol. 179 (1997), p. 4643–4645
- [3] GEO Nr.10/1997 Putz mit Microben. Gruner & Jahr, Hamburg, p.164
- [4] Hanawalt, P.C., Cooper, P.K., Ganesan, A.K. Smith, C.A. DNA repair in bacteria and mammalian cells Ann. Rev. Biochem. 48 (1979), p. 783–836
- [5] Lindahl, T. DNA-repair enzymes Ann. Rev. Biochem. 51 (1982), p. 61–87

- [6] Minton K.W. DNA repair in the extremely radioresistant bacterium *Deinococcus radiodurans* Molecular Microbiology 13 (1994), p. 9–15
- [7] Tanaka, A., Hirano, H., Kikuchi, M., Kitayama, S., Watanabe, H. Changes in cellular proteins of *Deinococcus radiodurans* following  $\gamma$ -irradiation Radiat. Environ Biophys 35 (1996), p. 95–99

---

### **Mögliche Organdosiswerte, wenn bei Inkorporation von Radionukliden nur die effektive Dosis begrenzt wird**

---

D. Noßke, K. Karcher

#### **Einleitung**

Bislang wurden sowohl nach dem Konzept der ICRP als auch in der Strahlenschutzverordnung die (sekundären) Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr für beruflich Strahlenexponierte aus den (primären) Grenzwerten für die effektive Dosis (50 mSv) und für die Äquivalentdosis für eine Reihe von Organen und Geweben hergeleitet. Dabei waren die Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung für Organe und Gewebe (zwischen 50 und 300 mSv) deutlich restriktiver als nach dem Konzept der ICRP (500 mSv). Nach dem neuen Konzept der ICRP Publikation 60 werden nur noch die effektive Dosis (auf 20 mSv) und die Dosis für die Haut und die Augenlinsen begrenzt, wobei bei Inkorporation von Radionukliden nur die effektive Dosis eine Rolle spielt. Dieses Dosisbegrenzungskonzept ist auch in den neuen Euratom-Grundnormen übernommen worden.

Um für die im Rahmen der Umsetzung der Euratom-Grundnormen bevorstehen-

de Novellierung der Strahlenschutzverordnung die Konsequenzen abschätzen zu können, die eine Begrenzung lediglich der effektiven Dosis mit sich bringt, wurden die Organdosiswerte ermittelt, welche sich bei Inkorporation eines Radionuklides ergeben können, wenn dessen Zufuhr so begrenzt wird, daß die effektive Dosis nicht 20 mSv überschreitet.

#### **Obere Abschätzung der Organdosisgrenzwerte**

Wird die effektive Dosis auf  $x$  mSv begrenzt, so wird damit die Dosis für ein Organ oder Gewebe  $T$  mit dem Gewebewichtungsfaktor  $w_T$  auf  $x/w_T$  mSv begrenzt. Somit ergibt sich bei Begrenzung nur der effektiven Dosis auch eine Begrenzung der Dosiswerte für Organe und Gewebe. **Tablette S-8** zeigt die entsprechenden bei einer Beschränkung der effektiven Dosis auf 20 mSv maximal möglichen Dosiswerte.

Dabei gibt es zur Zeit kein dosimetrisches und biokinetisches Modell für die Speiseröhre. Vorläufig wird deshalb die Dosis für den Thymus gleich der Dosis für die Speiseröhre gesetzt; somit ist auch die Dosis für den Thymus auf 400 mSv begrenzt. Da jedoch der Thymus in keinem der verwendeten biokinetischen Modelle ein Quellorgan ist, wird dieser Wert nie annähernd erreicht.

Die Dosis für den Kolon wird berechnet als das entsprechend ihrer Massen gewichtete Mittel aus der Dosis für den oberen und unteren Dickdarm mit den Wichtungsfaktoren 0,57 und 0,43. Damit erhöht sich die Dosisbegrenzung für den oberen bzw. unteren Dickdarm auf 292 bzw. 388 mSv. Dabei ist es in der Praxis unmöglich, daß diese oberen Grenzen erreicht werden, aber es kann möglich sein, daß insbesondere für den unteren Dickdarm höhere Dosiswerte als die hier für den Kolon angegebene (167 mSv) erreicht werden.

Für die übrigen Organe gilt, daß ein Wichtungsfaktor von 0,025 vergeben werden

kann für ein solches Organ, wenn es die höchste Dosis erreicht, so daß sich für dieses eine theoretische Begrenzung auf 800 mSv ergibt. Diese kann theoretisch noch etwas höher (bis zu 1000 mSv) sein, wenn der unrealistische Fall auftritt, daß für ein solches Organ gilt, daß die Dosis geringfügig kleiner ist als die für die Knochenoberflächen und daß die effektive Dosis ausschließlich durch die Dosis für dieses Organ und die Knochenoberflächen bestimmt wird.

**Mögliche Werte der Organdosis für beruflich Strahlenexponierte**

Da in den meisten Fällen mehrere Organe signifikant zur effektiven Dosis beitragen, werden die in **Tabelle S-8** genannten maximalen Dosiswerte im allgemeinen nicht erreicht. Um die mögliche Dosis für Organe und Gewebe bei Begrenzung der effektiven Dosis auf 20 mSv zu bestimmen, wurden mit dem im ISH entwickelten Programm DOSAGE unter Berücksichtigung der der ICRP Publikation 68 (und damit den Euratom-Grundnormen) zugrunde liegenden biokinetischen und dosimetrischen Modellen die Dosiskoeffizienten für alle im Bundesanzeiger enthaltenen Radionuklide berechnet. Dabei wurde – wie in ICRP Publikation 68 bzw. in den Euratom-Grundnormen – für Inhalation eine Teilchengröße mit einem AMAD von sowohl 1 µm als auch 5 µm betrachtet. Auf Grund dieser Ergebnisse wurde für jedes Organ bzw. Gewebe die maximal erreichte Dosis bei Limitierung der effektiven Dosis auf 20 mSv im Jahr berechnet, und es wurde ermittelt, bei wievielen Radionukliden für einen bestimmten Zufuhrweg und eine bestimmte chemische Verbindung Werte der Organdosis höher sein können als die entsprechenden Grenzwerte der gegenwärtigen Strahlenschutzverordnung.

Bei einer Begrenzung der effektiven Dosis auf 20 mSv im Jahr sind die Werte der Organdosis für die Harnblase, den Dünndarm, die Brust, die Muskeln, die Keimdrüsen, das Pankreas, die Haut, den Thymus, die Speiseröhre, den Uterus, die Nebennieren und das Gehirn in keinem Fall höher als der entsprechende Grenzwert der gegenwärtigen Strahlenschutzverordnung für Arbeiter. Für die anderen Organe und Gewebe zeigt **Tabelle S-9** die mit den be-

Organ	Dosisbeschränkung (mSv)
Haut	2000
Knochenoberflächen	2000
Schilddrüse	400
Speiseröhre	400
Leber	400
Brust	400
Harnblase	400
Magen	167
Lunge	167
Kolon	167
rotes Knochenmark	167
Gonaden	100
übrige Organe	1000

**Tabelle S-8**  
Theoretisch maximal mögliche Organdosis bei Begrenzung der effektiven Dosis auf 20 mSv

	maximale Dosis(mSv)	Grenzwerte der StrlSchV (mSv)	Anteil der Nuklide, deren Dosis über dem Grenzwert liegt (%)
rotes Knochenmark	130	50	7
Magen	160	150	6
oberer Dickdarm	160		<1
unterer Dickdarm	290		27
Kolon	160		7
Nieren	660		2
Leber	240		1
Lunge	170		10
Milz	180		<1
extrathorakaler Bereich	600		63
Schilddrüse	400		300
Knochenoberfläche	1100	14	

**Tabelle S-9**  
Maximale Organdosis, Grenzwert der StrlSchV und Anteil der Nuklide, welche den gegenwärtigen Grenzwert der Organdosis überschreiten (Arbeiter).

schriebenen Annahmen maximal erreichten Dosiswerte, den Grenzwert der gegenwärtigen Strahlenschutzverordnung und den Anteil der Radionuklide, für den die jeweilige Organdosis für einen bestimmten Zufuhrweg bzw. eine bestimmte chemische Verbindung höher sein kann als der gegenwärtige Grenzwert.

Die größten Unterschiede zwischen erreichbarer Dosis und dem Grenzwert der gegenwärtigen Strahlenschutzverordnung sind gegeben für die Knochenoberflä-

chen, den extrathorakalen Bereich des Atemtraktes, die Nieren, das rote Knochenmark und den unteren Dickdarm. Dabei wurde für den extrathorakalen Bereich des Atemtraktes, der im alten Atemtraktmodell nicht als Targetgewebe betrachtet wurde und deshalb in der gegenwärtigen Strahlenschutzverordnung nicht explizit erwähnt wird, ein Grenzwert von 150 mSv angenommen.

Mit dieser Annahme wird insbesondere für dieses Gewebe sehr häufig ein höherer

Wert als der gegenwärtige Grenzwert erzielt, während beispielsweise für die Nieren nur in Einzelfällen die Werte höher sind als der Grenzwert der gegenwärtigen Strahlenschutzverordnung.

### Zusammenfassung

Es wurde für Arbeiter der Einfluß einer Begrenzung der Aktivitätszufuhr nur durch Limitierung der effektiven Dosis auf 20 mSv auf die Dosis für Organe und Gewebe ermittelt. Dabei ergab sich, daß teilweise Organodosismerte erreicht werden können, die deutlich über den jeweiligen Grenzwerten der gegenwärtigen Strahlenschutzverordnung liegen können, insbesondere für Knochenoberflächen, den extrathorakalen Bereich des Atemtraktes, das rote Knochenmark und den unteren Dickdarm. Die maximal erreichbaren Dosiswerte lassen jedoch keine deterministischen Effekte erwarten.

### Die Wirkung kleiner Strahlendosen – Hormesis, Adaptive Response

U. Oestreicher, E.-R. Schwarz

Die Frage, ob kleine Dosen ionisierender Strahlung biopositive Reaktionen auslösen können, wird seit längerer Zeit sehr kontrovers und leidenschaftlich diskutiert. Vielen gesicherten bionegativen Wirkungen im mittleren und hohen Dosisbereich stehen Beobachtungen über mutmaßliche biopositive Effekte im niedrigen Dosisbereich gegenüber. Unter biopositiven Wirkungen sind hormetische Effekte und Anpassungsreaktionen (Adaptive Response) zu nennen.

In der Literatur werden die beide Begriffe Hormesis und Adaptive Response oft gleichbedeutend verwendet. Ihrer Definition folgend, versteht man unter der Strahlungshormesis die stimulierende Wirkung ionisierender Strahlung auf das biologische System durch kleine Dosen, während andererseits das System durch die Wirkung hoher Dosen gehemmt, deaktiviert oder zerstört wird [1]. Als ein Beispiel

der hormetischen Wirkung ist die Adaptive Response zu sehen. Darunter versteht man eine erhöhte Strahlenresistenz gegenüber nachfolgenden hohen Dosen nach Vorbestrahlung mit niedrigen Dosen [2].

Am Menschen können Kenntnisse über die Wirkung ionisierender Strahlung im niedrigen Dosisbereich praktisch nur durch epidemiologische Studien gewonnen werden. Wobei es sich um rein beobachtende Untersuchungen an unterschiedlich exponierten Personen- oder Bevölkerungsgruppen handelt. Die mögliche Induktion von Krebs (stochastischer Schaden) ist hierbei der wesentliche Diskussionspunkt in bezug auf die Wirkung kleiner Strahlendosen.

Der Interpretation dieser epidemiologischer Daten im niedrigen Dosisbereich sind Grenzen gesetzt. So sind zum einen aufgrund der großen Vertrauensbereiche keine statistisch signifikanten Aussagen möglich. Zum anderen ist die Vergleichbarkeit mit Referenzgruppen in bezug auf Alter, Geschlecht, Bevölkerungsdichte, sozioökonomischen Status, medizinische Versorgung usw. oft nicht gegeben.

Wirkungsabschätzungen zu stochastischen Schäden für den niedrigen Dosisbereich werden üblicherweise durch Extrapolation aus dem hohen Dosisbereich durchgeführt. Von den zuständigen nationalen und internationalen Kommissionen wird sowohl für beruflich Strahlenexponierte als auch für die allgemeine Bevölkerung das lineare Modell zugrunde gelegt. Dabei wird davon ausgegangen, daß auch beliebig kleine Dosen mit entsprechend kleiner Häufigkeit einen Effekt auslösen. Diese Vorgehensweise ist nicht ohne Kritik.

Um weitere, detailliertere Einblicke in den hormetischen Wirkungsmechanismus zu erhalten, wurden experimentelle Untersuchungen durchgeführt, wobei verschiedene biologische, insbesondere auch zytogenetische Endpunkte untersucht wurden. So wurden z. B. in tierexperimentellen Untersuchungen unter Radonexposition zahlreiche stimulierende Effekte auf Stoffwechsel, Immunabwehr, Abbau toxischer Radikale, DNA-Reparatur-Systeme oder Synthese von Mediatorsubstanzen

gefunden, die rationale Ansätze für das Verständnis der Wirkung der Hormesis im allgemeinen und der Radonbalneotherapie im Besonderen ergeben [3]. In einigen Zellsystemen konnte unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen eine adaptive Reaktion vor allem für die Induktion von Chromosomenaberrationen nach Bestrahlung nachgewiesen werden. Der Effekt unterliegt allerdings einer sehr hohen Variabilität [4]. Der genaue molekulare Mechanismus ist bis heute unbekannt. Am häufigsten wird als mögliche Wirkungshypothese geäußert, daß durch die Vorbestrahlung mit kleinen Dosen DNA-Reparatur-Systeme aktiviert werden, die dann sofort zur Verfügung stehen, wenn eine hohe Strahlenexposition erfolgt [5]. Der endgültige Beweis steht hier allerdings noch aus. Es werden auch alternative zelluläre Mechanismen als Erklärung für adaptive Reaktionen angegeben, wie z. B. die Detoxifizierung freier Radikale nach Vorbestrahlung mit kleinen Dosen [6].

Generell sind die Fachkreise bei Fragen zu biopositiven Wirkungsmechanismen in zwei Lager gespalten. Den einen scheint eine generelle Lockerung der strengen, auf Sicherheit ausgerichteten Strahlenschutznormen aufgrund der noch heterogenen Befunde über die biopositive Wirkung kleiner Strahlendosen nicht verantwortbar. Andere halten diese Einstellung für zu konservativ und werfen der Gegenseite vor, sich nicht von dem Paradigma der Hypothese der linearen Dosis-Wirkungsbeziehung lösen zu wollen.

Die endgültige Klärung des Problems wird durch die außerordentliche Komplexität des zu untersuchenden Systems, in dem viele Faktoren einen Einfluß auf den gleichen Endpunkt ausüben, erschwert.

- [1] T.D. Luckey. Hormesis with Ionizing Radiation. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida 1980
- [2] Olivieri, G. et al. Adaptive response of human lymphocytes to low concentrations of radioactive thymidine. Science, 223 (1984), 594–597
- [3] Deetjen, P. Radon als Heilmittel, The therapeutic use of Radon

- Wissenschaft und Umwelt, 3 (1995), 139–141
- [4] *Streffler, C.*  
Strahlenwirkungen im niedrigen Dosisbereich. Nutzen und Risiko bei der Einwirkung kleiner Dosen ionisierender Strahlung  
Kolloquium 4. – 6. Oktober 1993, Schlema/Sachsen
- [5] *Müller, W.-U.*  
Adaptive response. Seminar für Mitarbeiter Regionaler Strahlenschutzzentren  
Bad Münstereifel, 28. – 30. Oktober 1993
- [6] *Feinendegen, L. E.*  
Radiation risks of tissue late effects, a net consequence of probabilities of various cellular responses  
Eur. J. Nucl. Med. 18 (1991), 740-751

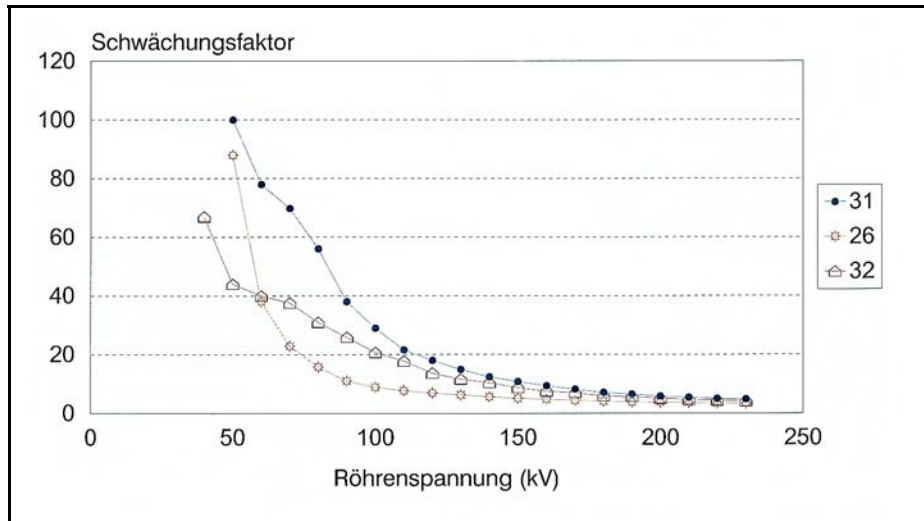
**Abschirmungs-Werkstoffe aus dem Recycling von Bildschirmröhren**

A. Bäuml

An der Technischen Universität Ilmenau läuft ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt, in dem versucht wird, aus dem Glas von Bildschirmröhren von entsorgten Monitoren und Fernsehgeräten ein marktfähiges Produkt herzustellen.

Das Glas von Bildschirmröhren enthält neben Blei auch andere Zuschlagstoffe höherer Ordnungszahl. Je höher die Ordnungszahl einer Abschirmung, desto wirksamer ist ihre Schwächung gegen ionisierende Strahlung. Aus dieser Überlegung entstand die Idee, aus diesen Glas-Abfällen Glasfasern herzustellen, diese zu Matten oder Bauplatten zu verarbeiten, die man dann, entsprechend konfektioniert, zu Abschirmungen einsetzen kann.

Im Rahmen von Beratung und meßtechnischer Hilfe wurde die Schwächung von diversen Proben in Abhängigkeit von der „Härte“ der Strahlung bestimmt. Dazu wurde mit Röntgenstrahlen die Durchläs-



**Abbildung S-5**  
Glas Werkstoffe Schwächung – Röntgenstrahlung Dotierung mit BaO in Probe 31 und 32

sigkeit bei Röhrenspannungen von 40 bis 240 kV ermittelt.

Generell nimmt die Schwächung bei zunehmender Energie der Strahlung ab. Die Röhrenspannung kann hier als Maß der Quantenenergie angesehen werden.

In **Abbildung S-5** ist der Verlauf der Schwächungsfaktoren als Funktion der Röhrenspannung für drei verschiedene Glasproben zu sehen. Die Probe 26 besteht aus einer unselektierten Mischung von Glas aus Bildschirm-Röhren. Bei den beiden anderen Proben wurde zusätzlich Bariumoxyd als Zuschlagstoff beige-mengt. Im niederenergetischen Bereich ist der Schwächungsfaktor bei den Ba-dotierten Gläsern deutlich erhöht.

Der Grund dafür ist die K- Absorptionskante von Barium bei 38 keV (Bindungsenergie der innersten Elektronenschale). Oberhalb einer Absorptionskante steigt die Schwächung immer deutlich an.

Abschirmmaterialien, die aus solchen Gläsern hergestellt würden, bieten sich besonders für den Bereich der Röntgendiagnostik an. Sie könnten in dem hier vorkommenden Energiebereich die Ortsdosis sehr wirkungsvoll reduzieren. In der Röntgendiagnostik wird gewöhnlich mit Röhrenspannungen unter 100 kV gearbeitet; nur bei Thorax-Aufnahmen verwendet man Röhrenspannungen von 120 kV.

Es ist aber meist nicht die Nutzstrahlung, die in der Röntgendiagnostik abgeschirmt werden muß, sondern die insgesamt etwas weichere Streustrahlung.

In den Normen, die zur Auslegung der Abschirmungen herangezogen werden, sind generell Bleigleichwerte angegeben. Aus dem stark unterschiedlichen Verlauf der Schwächungsfaktoren ergibt sich die Schwierigkeit, solche unkonventionellen Abschirmmaterialien wie Ba-dotiertes Glas realistisch zu bewerten. Das mindert aber nicht ihren praktischen Wert für den Strahlenschutz.

**Solares UV-Monitoring Meßnetz des BfS/UBA**

M. Steinmetz

Das Jahr 1997 war vor allem durch ein verstärktes Engagement im Bereich der Qualitätskontrolle/sicherung geprägt. Mit Hilfe einer zeitlich befristeten personellen Verstärkung wurde es möglich, eine für den kontinuierlichen Meßbetrieb benötigte Qualitätssicherungsstrategie zu entwickeln. Dazu gehört vor allem eine verbesserte „vor-Ort“-Kalibrationsroutine der einzelnen Meßsysteme, der Aufbau eines

mobilen Referenzspektralradiometers und die Teilnahme an einem nationalen Meßgerätevergleich.

### Meßbetrieb

Die kontinuierliche Meßaufnahme konnte an allen Meßstationen das ganze Jahr über aufrechterhalten werden. In Verbindung mit den „vor-Ort“-Kalibrationen wurden die einzelnen Meßstationen Ende des Jahres mit einer automatisierten Systemüberwachung (ASU) ausgerüstet, die im Wesentlichen aus einem 35 Watt Hilfsstrahlermodul, einem regelbaren Netzteil und einem Präzisionswiderstand besteht.

Die Testphase der auf Basis einer von der Fachhochschule München und des ISH getragenen Entwicklung einer automatisierten Systemüberwachung konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Alle Stationen konnten bis Ende des Jahres mit diesem System ausgerüstet werden.

Zur Vorbereitung der Teilnahme an dem nationalen Meßgerätevergleich in Garmisch-Partenkirchen wurde aus vorhandenen Komponenten der Prototyp eines mobilen Spektralradiometers zusammengesetzt. Vorgehensweise und Ergebnisse sind in einem separaten Beitrag enthalten. Der Meßgerätevergleich, durchgeführt vom Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung, fand vom 4. bis zum 14. August statt.

2 Monate nach Beendigung des Meßgerätevergleiches wurde das zu Beginn des Jahres bestellte Spektralradiometer-Referenzgerät BENTHAM DTM 300 geliefert. Bis zur endgültigen Aufstellung im neuen Gebäude des ISH wird eine detaillierte Systemcharakterisierung vorgenommen.

### Wissenschaftliche Untersuchungen, Tagungen

1997 wurden im Institut für Strahlenhygiene 2 Diplomarbeiten von Studenten der Fachhochschule München durchgeführt. Eine Arbeit befaßte sich mit dem optischen Verhalten von Textilien, die andere mit dem optischen Verhalten von Sonnenschutzmitteln gegenüber solarer UV-

Strahlung. Dazu wurde das im Fachgebiet S2.5 vorhandene Goniometer und die Meßstation des solaren UV-Monitorings Neuherberg eingesetzt. Ziel war es vor allem, zu überprüfen, inwieweit gebräuchliche Textilien und Sonnenschutzmittel wirklich ausreichenden Schutz gegenüber zu hoher solarer UV-Bestrahlung bieten.

Erfahrungen über solare UV-Messungen sowie über die Anwendung des UV-Index und möglicher Verbesserungen konnten auf dem WMO-WHO-ICNIRP-Treffen vom 21. bis 24. Juli 1997 in Les Diablerets, Schweiz ausgetauscht werden.

### UV-Index

Entsprechend der Stellungnahme der Strahlenschutzkommission „Praktische Anwendung des UV-Index“ wurden von April bis September jeweils am Montag, Mittwoch und Freitag 3-Tages-UV-Index-Prognosen für Nord-, Mittel- und Süddeutschland bereitgestellt. Die Prognosen informierten, wie im letzten Jahr, zusätzlich über Schutzmaßnahmen zur Vermeidung eines Sonnenbrandes und gaben saisonale Hinweise zu relevanten UV-Strahlenthemen wie z. B. Gebrauch von Sonnenschutzmitteln, Verhalten im Wasser und Schutzwirkung von Kleidung. Die grafisch aufbereitete 3-Tagesprognose wurde via Internet und T-Online verbreitet.

In T-Online wird seit April 1997 der aktuell gemessene UV-Index von allen 8 Stationen täglich zusammen mit einem geeigneten Symbol für das jeweilige Wettergeschehen dargestellt. Neben der Dokumentation über die tatsächliche UV-Belastung kann bei gleichbleibenden Wetterverhältnissen für den nächsten Tag der gemessene UV-Index-Wert für die entsprechende Region fortgeschrieben werden.

Eine aktuelle regionale Berichterstattung erfolgt ebenfalls im Videotext des 3. Programms des BR.

## Solarer UV-Meßgerätevergleich – Aufbau und Charakterisierung des BfS/UBA-Meßsystems

H. Sandmann, O. Scheel, M. Steinmetz

Seit 1993 betreiben das Bundesamt für Strahlenschutz zusammen mit dem Umweltbundesamt ein UV- Meßnetz zur kontinuierlichen, spektral aufgelösten Messung der bodennahen solaren UV-Strahlung. Für die Erfüllung der Meßaufgaben ist dabei sicherzustellen, daß die hochwertigen Meßsysteme laufend mit einer hinreichenden Datenqualität arbeiten. Bereits während der Etablierungsphase wurde deshalb darauf geachtet, daß sowohl die Geräteauswahl als auch der Betrieb den Aufgabenanforderungen genügt. Mit Hilfe eines Referenzlabors wurden geeignete Qualitätskontrollroutinen für die Meßsysteme entwickelt und umgesetzt.

Die für den kontinuierlichen Meßbetrieb benötigte Qualitätssicherungsstrategie befindet sich derzeit in der Phase nationaler Abstimmung. Sie beruht neben einer ausführlichen Dokumentation aller Qualitätssicherungsmaßnahmen im wesentlichen auf zwei Säulen:

Zum einen werden die einzelnen Meßsysteme in regelmäßigen Abständen kalibriert. Dabei ist die Rückführbarkeit der Kalibration über selbsterstellte Arbeitsnormale und drei Bezugsnormale der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) auf das bei der PTB verwendete Primärnormal sichergestellt. Darüber hinaus wird laufend die Wellenlängengenauigkeit der Meßsysteme durch die Abtastung einzelner Fraunhoferlinien des Sonnenspektrums überprüft und stichprobenartig die Meßdaten mit einem Strahlungstransfermodell einem Plausibilitätstest unterzogen.

Zum anderen ist es notwendig, zusätzlich die Meßsysteme regelmäßig in ihrer Gesamtheit mit einem hochgenauen mobilen Referenzgerät zu vergleichen, da Kalibrationen im allgemeinen nur die Absolutempfindlichkeit der Geräte unter ausgetesteten, speziellen Meßbedingungen liefern. Durch die wiederum regelmäßige Beteiligung eines solchen mobilen Referenz-



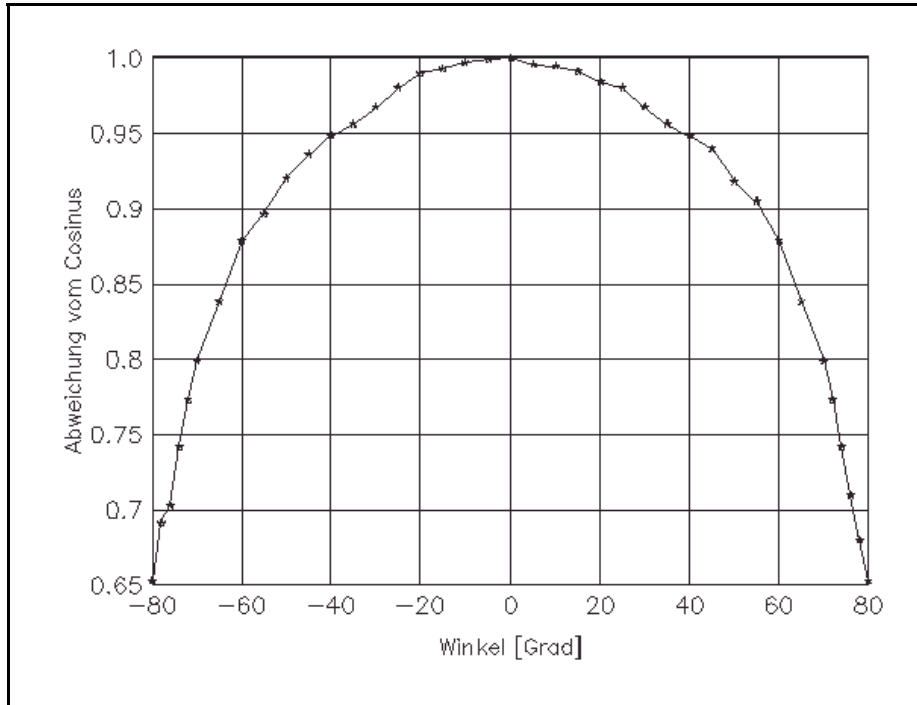


Abbildung S-6  
Cosinus-Verhalten des Diffusors

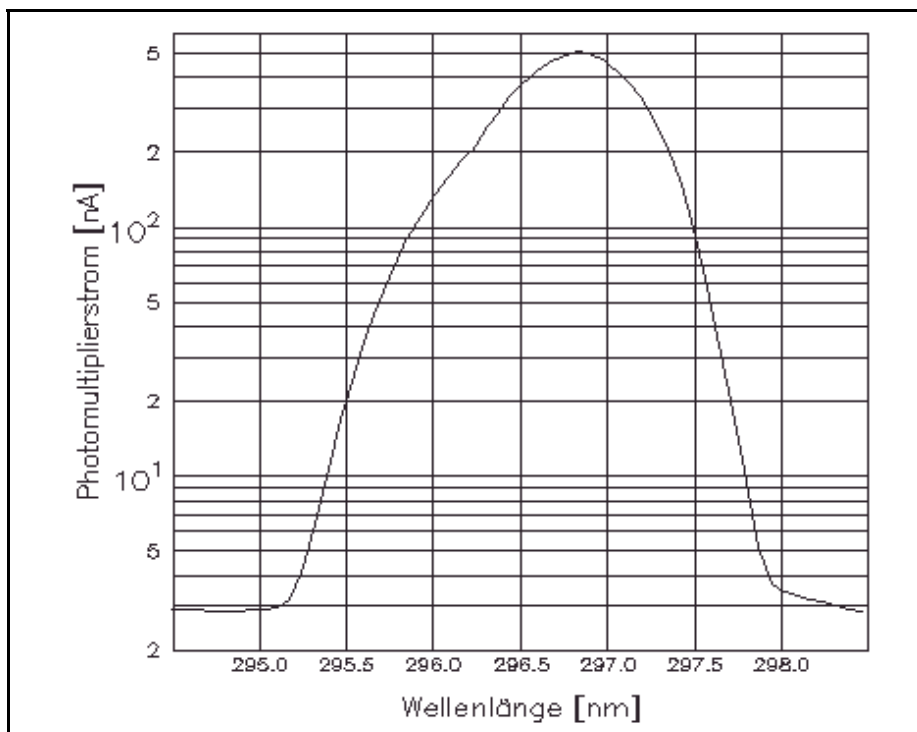


Abbildung S-7  
Spaltfunktion des Doppelmonochromators

renzsystems an nationalen und internationalen Meßgerätevergleichen kann somit dieser Meßstandard auf die Meßnetzsysteme übertragen werden.

Dieses mobile Referenzsystem muß zuverlässiger und meßgenauer als die Standardsysteme sein und regelmäßig mit hochrangigen Normalen kalibriert werden.

**Charakterisierung eines Meßgeräts im eigenen Kalibrierlabor**

Der nationale Meßgerätevergleich im Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung (IFU) in Garmisch-Partenkirchen fand im Sommer 1997 statt. Das im Vorfeld des Meßgerätevergleichs nach zahlreichen Vergleichsmessungen charakterisierte Meßsystem setzte sich schließlich aus den im folgenden angegebenen Komponenten zusammen:

- ebener Diffusor der Firma PRC Krochmann GmbH (Cosinus-Verhalten: **Abbildung S-6**)
- 4m Lichtwellenleiterbündel mit Querschnittswandlung von  $\varnothing 45\text{ mm}$  auf  $20 \cdot 1\text{ mm}^2$
- Spektralradiometer Bentham DM 150 Doppelmomochromator; Spaltbreite/höhe: 0.56 mm/20 mm; resultierende Halbwertsbreite: 0.98 nm (**Abbildung S-7**), Gitter: 2400 Linien/mm
- Selektierter Photomultiplier: Bentham DH3, Betriebsspannung: 750 V, Dunkelstrom: <12 pA
- Verstärker/Schrittmotorsteuerung: Bentham PMC3B, Eingehäusesystem
- Rechnersystem: Compaq-Laptop
- Software: Autoscan 2.0

Zur Vermessung der Cosinus-Abhängigkeit der Eingangsoptik wurde der Diffusor in einem Winkelbereich von  $\pm 80^\circ$  geschwenkt und jeweils ein Spektrum aufgenommen. Vorher wurde die Optik so mit einem Laser justiert, daß der Mittelpunkt des Diffusors genau über dem Drehpunkt lag. Jedes Spektrum wurde dann auf das unter einem Winkel von  $0^\circ$  gemessene Spektrum normiert. Dabei zeigte sich ein von der Wellenlänge unabhängiges Cosinus-Verhalten des Diffusors. Die Abwei-

chung der Meßwerte vom entsprechenden Cosinus des Winkels ist in **Abbildung S-6** dargestellt. Sie ist gering und liegt im Rahmen qualitativ hochwertiger Eingangsoptiken.

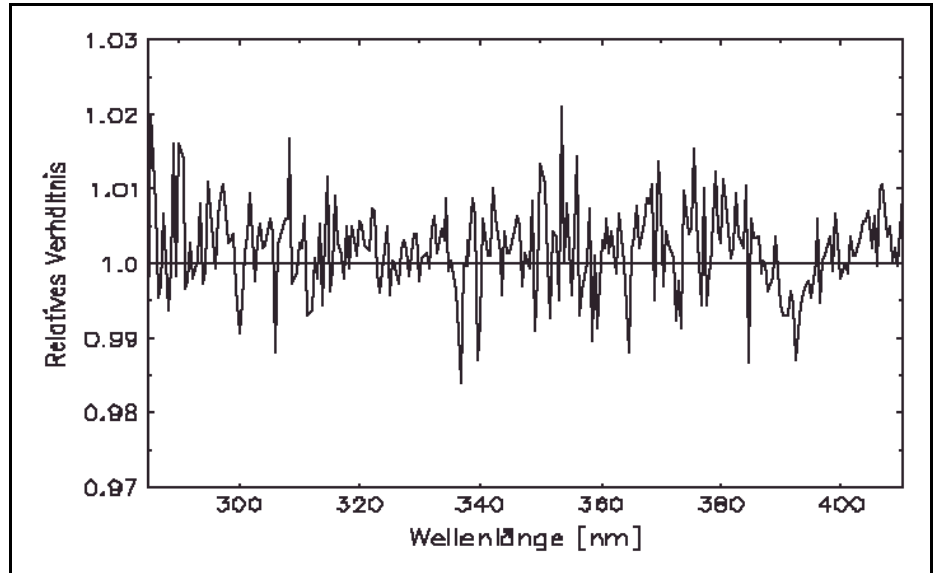
Die in der **Abbildung S-7** dargestellte Spaltfunktion des Doppelmonochromators wurde mit einer Quecksilber-Linienlampe bei einer Wellenlänge von  $\lambda = 296,73$  nm vermessen. Es wurde eine Quecksilber-Linie in einem Wellenlängenbereich unterhalb von 320 nm ausgewählt, da aus strahlenhygienischer Sicht in diesem Bereich hoher biologischer Wirksamkeit der UV-Strahlung eine höchstmögliche Genauigkeit erzielt werden muß.

**Erstellung des Arbeitsnormals für „Vor-Ort“-Kalibrationen**

Bei dem zu Kalibrationszwecken verwendeten Arbeitsnormal handelt es sich um eine 1000 W Quarz-Halogenlampe der Firma General Electric. Das Meßsystem kann dabei ohne Änderung des optischen Aufbaus direkt über der Eingangsoptik kalibriert werden. Zur Bestimmung der spektralen Bestrahlungsstärke des Arbeitsnormals wurde das Meßsystem im Kalibrierlabor in München-Neuherberg zunächst mit einem PTB-Sekundärnormal kalibriert und anschließend mit diesem System das Arbeitsnormal spektral vermessen, um daraus den Lampendatensatz zu erstellen.

**Meßgerätevergleich**

Zur Bestimmung der Fehler, die durch den Abbau des Systems, Transport und Aufbau an anderer Stelle entstehen können, wurde mit dem Meßsystem zunächst ein interner Meßgerätevergleich durchgeführt. Dieser fand bei der Firma Gigahertz-Optik in Puchheim, einer akkreditierten Außenstelle des Deutschen Kalibrierdienstes, statt. Hierbei wurde ein PTB-Sekundärnormal von einem Bentham DTM300-Spektralradiometer der Firma Gigahertz-Optik sowie von dem Meßsystem des BfS vermessen. Als Ergebnis stellte sich dabei zum einen heraus, daß die gemessenen Spektren im gesamten Wellenlängenbe-



**Abbildung S-8**  
Relatives Verhältnis der gemessenen Lampenspektren

reich innerhalb der von der PTB angegebenen Toleranzgrenze der Kalibrierlampe von  $\pm 3$  % lagen. Zum anderen zeigt sich eine Übereinstimmung der Messungen von BfS und Gigahertz-Optik mit maximalen Abweichungen von  $\pm 2$  %. Das Verhältnis beider gemessenen Spektren ist in **Abbildung S-8** dargestellt.

Die Messungen verdeutlichen einerseits, daß der Transport die Kalibration des Meßsystems des BfS so wenig veränderte, daß eine PTB-Kalibrierlampe innerhalb ihrer Fehlergrenzen von  $\pm 3$  % vermessen werden konnte. Zum anderen liegen die Meßabweichungen beider Systeme in einem Bereich, der von qualitativ hochwertigen Geräten bei bisherigen internationalen Meßgerätevergleichen erreicht wurde. Zusammen mit einer präzisen Eingangsoptik und einer symmetrischen Geräteübertragungsfunktion ist somit im Rahmen der an das Meßsystem gestellten Anforderungen eine erfolgreiche Teilnahme am nationalen Meßgerätevergleich in Garmisch-Partenkirchen zu erwarten. Die Ergebnisse dieses Meßgerätevergleichs werden 1998 vom IFU veröffentlicht.

[1] A. Bais et al.  
The Nordic Intercomparison of Ultraviolet and Total Ozone Instruments at Izana from October to November

1993.  
Final Report, Meteorological Publications No. 27, Finnish Meteorological Institute (1994) ISBN 951-697-412-0

[2] A. Gugg-Helminger (Gigahertz-Optik GmbH): Kalibrierung, Fortbildungstagung des Fachverbandes für Strahlenschutz „Aktuelle Entwicklungen zum Schutz vor nichtkohärenter optischer Strahlung“, 12.–14.2.1997 in Tabarz, Thüringen

[3] B. Mayer: Messung und Modellierung der spektralen UV-Bestrahlungsstärke in Garmisch-Partenkirchen IFU-Schriftenreihe Band 45–97 (1997) ISBN 3-927548-94-4

[4] H. Slaper et al. Comparing ground-level spectrally resolved solar UV measurements using various instruments: A technique resolving effects of wavelength shift and slit width Geophysical Research Letters Vol. 22 No. 20, Pages 2721-2724 (1995)

[5] A. Sperling et al. Entwicklung von Normallampen für das UV-B-Meßprogramm, PTB-Bericht (1996) ISBN 3-89429-729-8

**Vergleich der UV-Index-Prognosewerte mit den tatsächlich eingetretenen Werten**

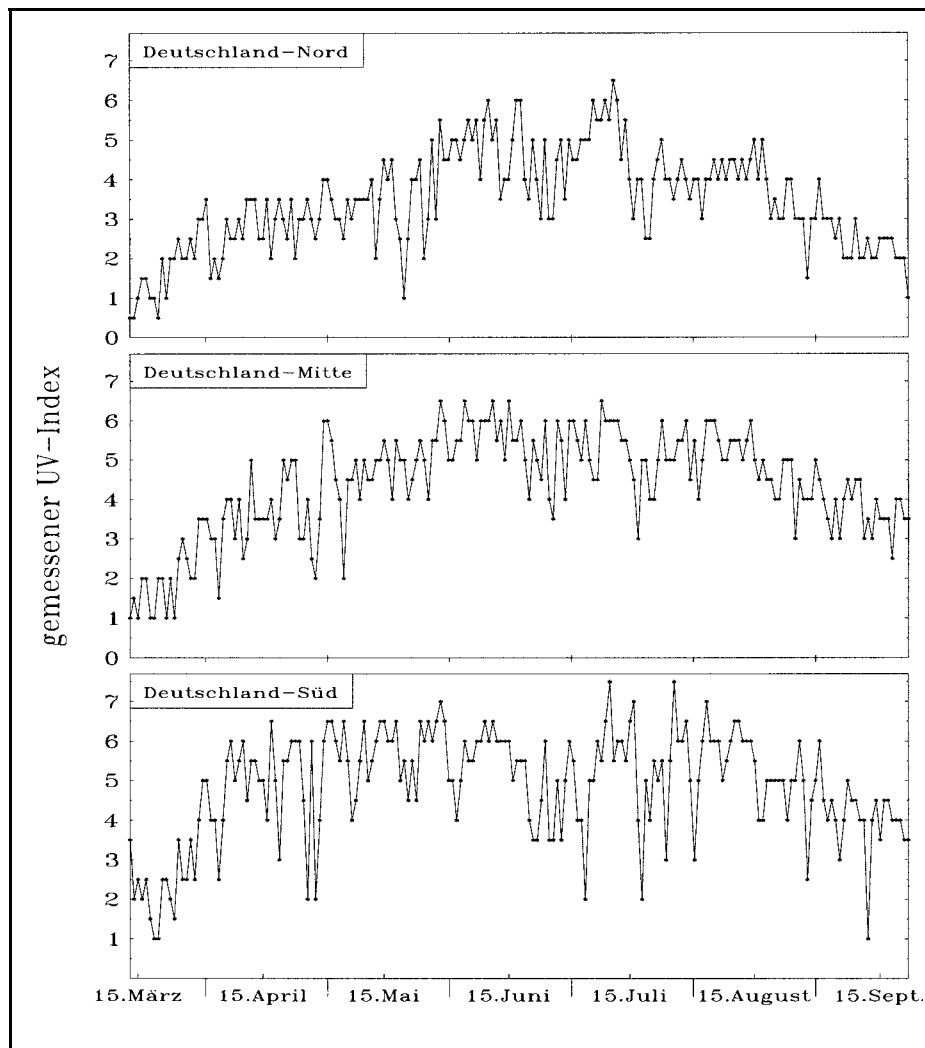
H. Sandmann

Wie bereits in den Jahren zuvor wurde auch 1997 zwischen März und September für das nördliche, mittlere und südliche Deutschland die mögliche UV-Strahlenbelastung für drei Tage vorhergesagt. Als Maß für die Prognose diente der international abgestimmte UV-Index (UVI), der den Tagesspitzenwert der sonnenbrandwirksamen UV-Bestrahlungsstärke am Erdboden darstellt. Ab März 1997 können die aktuellen Prognosewerte in T-Online unter \*bfs#, ab Juni 1997 dann auch unter <http://www.bfs.de> in den Internet-Seiten des BfS abgerufen werden.

Die Grundlage der UV-Prognosen bildeten die kontinuierlich erfaßten Meßwerte der acht Stationen des solaren UV-Monitoring-Meßnetzes des BfS/UBA und assoziierter Institutionen sowie die gleichzeitige Registrierung der jeweiligen Wettersituation an diesen Stationen. Auf der Basis der aktuellen Wettervorhersagen der Meteorologen des BfS wurden für die Vorhersagen durch statistische Auswertung der vorhandenen UV-Datensätze die UVI-Werte ermittelt, die bei möglichst ähnlicher Wettersituation und gleichem Sonnenstand auftraten.

Bei unterschiedlicher Wetterlage innerhalb eines Vorhersagegebiets wurde der entsprechend höchste UVI-Wert als Prognosewert herangezogen, um so das Risiko einer zu geringen Einschätzung der Strahlenbelastung seitens der Bevölkerung auszuschließen. Bei Durchzug von Wetterfronten mit stark wechselnder Bewölkungslage wurde kein einzelner UVI-Prognosewert sondern eine Bereich minimaler und maximaler Prognosewerte angegeben.

Den jahreszeitlichen Verlauf der UVI-Werte der Regionen Deutschland-Nord, -Mitte und Süd zeigt **Abbildung S-9**. Die dargestellten Tageswerte sind Mittelwerte der gemessenen UVI-Werte der in den Regionen befindlichen Meßstationen. Für Norddeutschland sind dies die Stationen Westerland/Sylt, Zingst/Ostsee sowie



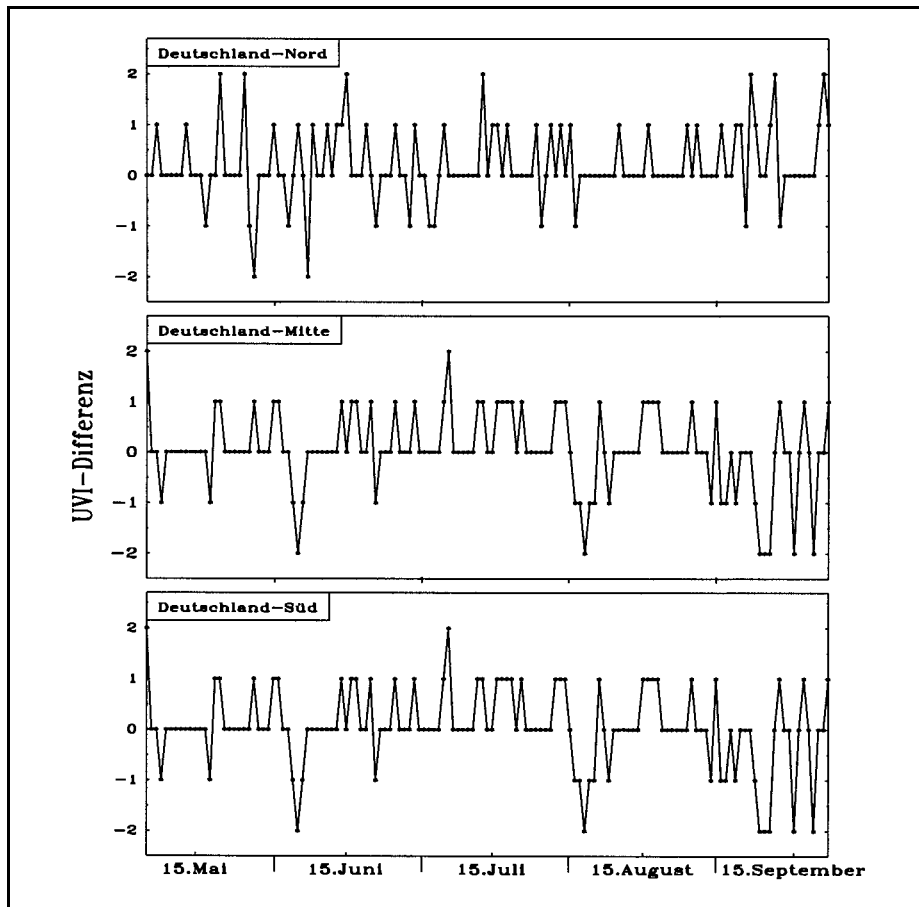
**Abbildung S-9**  
1997 in Deutschland-Nord, -Mitte, und Süd gemessener UV-Index

Potsdam. Den mittleren Teil Deutschlands repräsentieren die Meßstationen Dortmund, Offenbach und Kulmbach. Die in Süddeutschland befindlichen Stationen sind Schauinsland/Schwarzwald und München-Neuherberg.

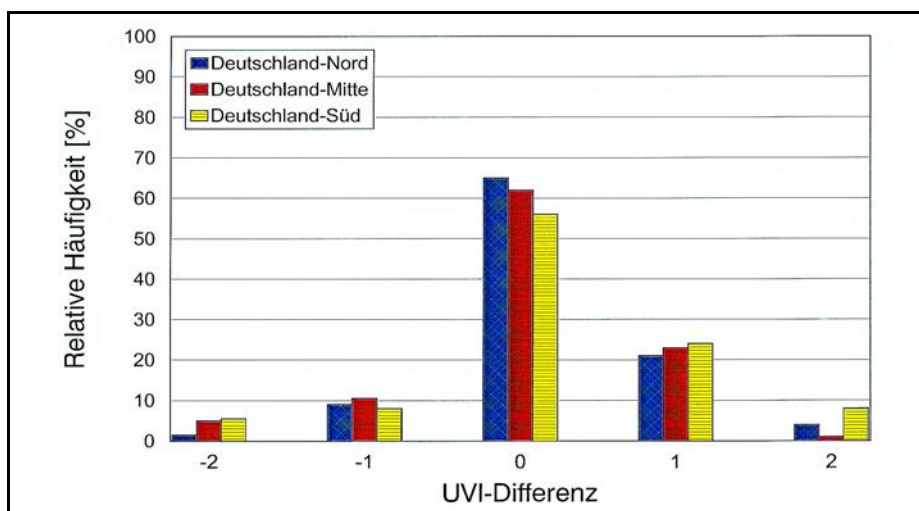
Deutlich zu erkennen sind die von Norden nach Süden zunehmenden Absolutwerte, wobei in Norddeutschland maximale UVI-Werte von 6, in der Mitte Deutschlands von 7 und in Süddeutschland von 8 gemessen wurden. Auffällig sind auch die bereits sehr hohen UVI-Werte im April in der Mitte und im Süden Deutschlands, die in direktem Zusammenhang mit ungewöhnlich niedrigen Gesamt Ozonwerten

stehen. Die in Süddeutschland überdurchschnittlich stark bewölkten Monate Juni und Juli 1997 hingegen führten zeitweise zu deutlich geringeren UVI-Werten.

Bei der Überprüfung, wie genau die regionale UVI-Vorhersage mit der tatsächlich eingetroffenen Situation übereinstimmt, tritt ein grundsätzliches Problem auf: Die Prognosen werden für eine großräumige Region erstellt, die Messungen erfolgen jedoch nur an einzelnen, wenigen Standorten. Grundsätzlich wäre ein Vergleich nur für exakt gleiche Wettersituationen in der gesamten Region zulässig, also nur für sonnige oder vollständig bedeckte Tage. Da die regionalen Vorhersagen die lokalen



**Abbildung S-10**  
Differenz zwischen Prognosewert und mittlerem UV-Index-Wert für Deutschland-Nord, -Mitte und -Süd



**Abbildung S-11**  
Relative Häufigkeit der Abweichungen der UVI-Prognosen von den entsprechenden mittleren Meßwerten

Meßstandorte mit beinhalten, können in erster Näherung für eine lokale Validation alle Tage, also auch die teilweise bedeckten Tage miteinbezogen werden. In Anbetracht der meist geringen Bewölkungsschwankung in der Gesamtregion zur Ermittlungszeit des UVI, der Ermittlungsdauer des UVI selbst (30minütiges Meßzeitfenster) und einer arithmetischen Mittelung der UVI-Werte der in den Regionen vorhandenen Meßstationen dürfte in gewissen Grenzen von der lokalen auf die regionale Validation geschlossen werden. Die jeweiligen Differenzen zwischen erstelltem Prognosewert und gemitteltem regionalen UV-Index sind in **Abbildung S-10** dargestellt.

Es zeigt sich, daß die UVI-Prognosewerte tendenziell höher lagen als die tatsächlich gemessenen Werte. Dies ist, wie bereits oben erwähnt, darauf zurückzuführen, daß bei unterschiedlicher Wetterlage innerhalb eines Vorhersagegebiets eher der entsprechend höherer UVI-Wert veröffentlicht wurde.

Die relative Häufigkeit der Abweichungen der UVI-Prognosewerte von den entsprechenden Meßwerten für die drei Vorhersagegebiete veranschaulicht **Abbildung S-11**. Es zeigt sich, daß exakte UVI-Vorhersagen im Norden zu 65 %, in der Mitte Deutschlands zu 61 % und im Süden zu 56 % eintraten. Wird eine Abweichung von + 1 im Sinne einer strahlenhygienisch ausreichend genauen Prognose mitberücksichtigt, so erhält man Prognosegenauigkeiten für ganz Deutschland von über 80 %.

Unter statistischen Gesichtspunkten kann selbst eine Abweichung von  $\pm 1$  als ausreichend genaue Prognose angesehen werden. In diesem Fall erhält man Prognosegenauigkeiten von über 93 % im Norden und in der Mitte Deutschlands sowie von ca. 87 % in Süddeutschland. Die in allen Fällen von Norden nach Süden abnehmende Genauigkeit erklärt sich durch das konstantere, weniger wechselhafte Wettergeschehen im Norden und in der Mitte Deutschlands, wie es sich auch aus **Abbildung S-9** erkennen läßt.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die vom BFS erstellten UVI-Prognosen in ihrer Genauigkeit den strahlenhygienischen Anforderungen genügen. Eine Ver-

besserung der Prognosegenauigkeit unterliegt prinzipiell der Genauigkeit, mit der das Wettergeschehen für einen Zeitraum von bis zu 72 Stunden vorausgesagt werden kann. Das Verfahren der UV-Index-Vorhersage auf der Grundlage der kontinuierlich erfaßten Meßwerte des solaren UV-Monitoring-Meßnetzes bietet somit aufgrund seiner hohen Prognosegenauigkeit eine gute Möglichkeit, die UV-Strah-

lensituation in Deutschland zu prognostizieren und zur Information der Bevölkerung zu veröffentlichen.

[1] *I. Ertsey, M. Steinmetz:*  
UV-Index in Germany forecasted by BfS/DWD/UBA. International Symposium „Environmental UV Radiation,

Risk of Skin Cancer and Primary Prevention“ 6.–8.Mai 1996, Hamburg

[2] *M. Steinmetz, M. Wallasch:*  
Shortterm strong variations in solar UV irradiation over Germany due to changes in total ozone. 2. International Workshop on Biological UV dosimetry 28.–30.8.1996 in Budapest, Ungarn

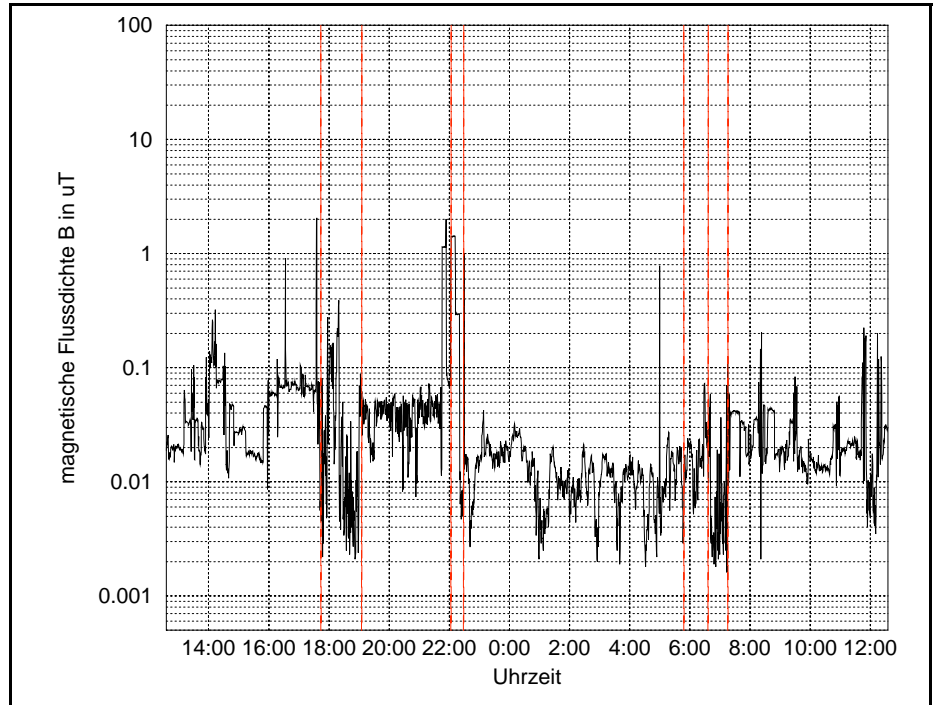
**Erfassung der niederfrequenten magnetischen Exposition der Bürger in Bayern**

J. Brix, C. Egblomassé, B. Janssen, R. Matthes, O. Scheel, H. Wettemann

**Problemstellung**

Ein Leben ohne den Einsatz elektrischer Energie ist in unserer Gesellschaft nicht mehr vorstellbar. Mit der vielfältigen Nutzung der technischen Geräte im häuslichen Bereich und bei der Arbeit nimmt auch die Exposition elektromagnetischer Felder, verursacht durch den Verbrauch an elektrischer Energie, zu. Parallel dazu steigt in zunehmendem Maße auch die Besorgnis in der Bevölkerung, daß die Exposition durch niederfrequente Magnetfelder eine Vielzahl gesundheitlicher Wirkungen zur Folge haben könnte. Ausgelöst oder verstärkt werden diese Befürchtungen durch epidemiologische Studien, die einen Zusammenhang zwischen der Exposition durch niederfrequente magnetische Felder und der kindlichen Leukämie herstellen. Wissenschaftlich konnten bisher aber nur dann gesundheitlich relevante Wirkungen sicher nachgewiesen werden, wenn im biologischen Experiment bestimmte Feldstärkeschwellen bei der Exposition überschritten waren. Auf der Grundlage dieser gesicherten Erkenntnisse hat die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) Grenzwertempfehlungen abgegeben. Diese wurden auch von der Strahlenschutzkommission (SSK) für die Bevölkerung empfohlen. Seit dem 1. Januar 1997 gibt es in der Bundesrepublik Deutschland eine rechtliche, verbindliche Regelung, die 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetz (26. BImSchV). Sie schreibt die international anerkannten Grenzwerte, 100µT bei 50 Hz und 300µT bei 16 2/3 Hz, für Niederfrequenzanlagen fest.

Während für viele technische Geräte die verursachten Magnetfelder in der Umgebung der Geräte bekannt sind, gibt es nur unzureichend Daten darüber, wie hoch die



**Abbildung S-12**  
Tagesprofil der 50 Hz Magnetfelder eines Studienteilnehmers

Meßpunkte	86400
arithm. Mittelwert	0,049 µT
maximaler Wert	20 µT
50%-Perzentil (Medianwert)	0,019 µT
99%-Perzentil	1,140 µT
> 0,2 µT Schrankenwert	2,40 %
> 1 µT Schrankenwert	1,30 %

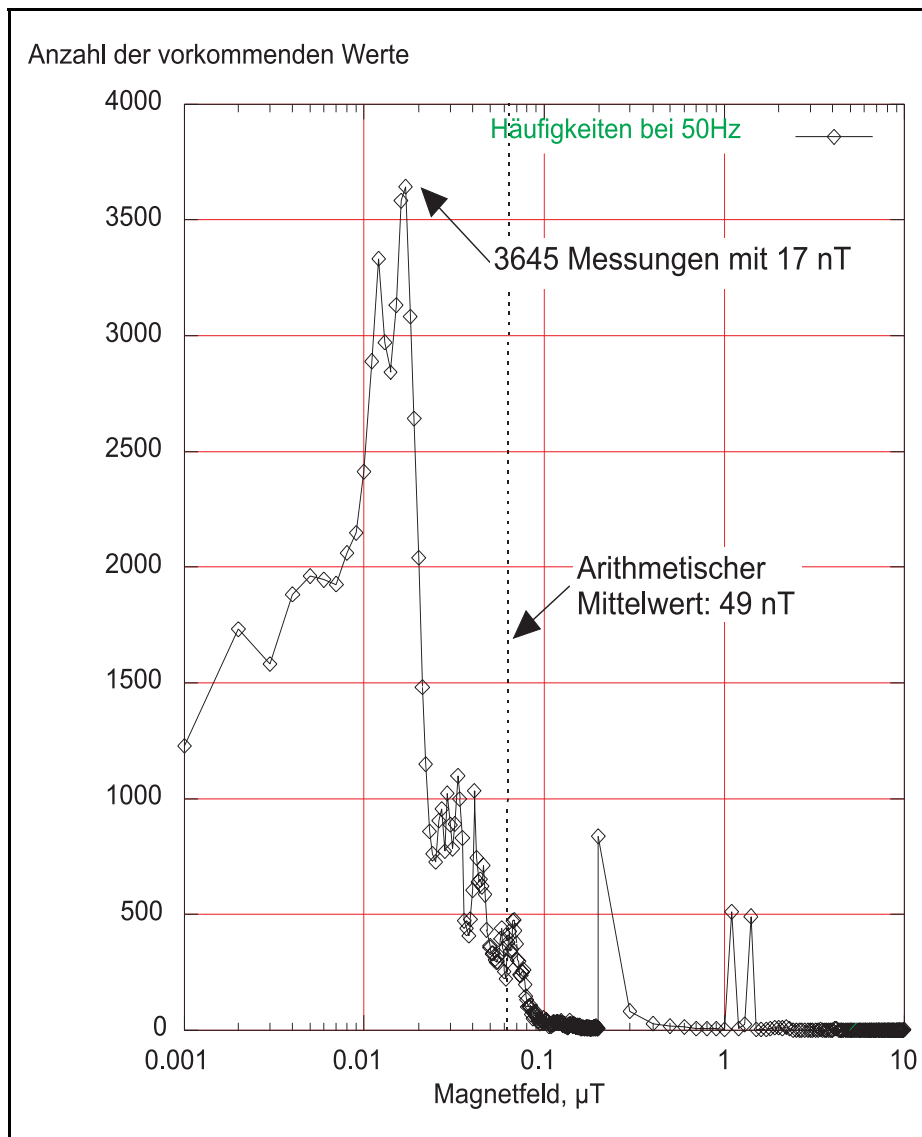
**Tabelle S-10**  
Statistische Parameter des ausgewählten Beispiels

arithm. Mittelwert	0,101 µT
Standardabweichung	0,241 µT
25 %	0,026 µT
50 % (Median)	0,047 µT
75 %	0,12 µT
95 %	0,308 µT
99 %	0,785 µT

**Tabelle S-11**  
Mittelung der statistischen Parameter von 1952 Studienteilnehmern bei 50 Hz Magnetfeldern

Prozentualer Anteil der Personen mit Werten	>0,2 µT	>1 µT	>10 µT	>100 µT
arithm. Mittelwert	8,60%	0,60%	0,00%	0,00%
Medianwert	2,40%	0,00%	0,00%	0,00%

**Tabelle S-12**  
Prozentualer Anteil der 1952 Studienteilnehmern bei verschiedenen Schrankenwerten



**Abbildung S-13**  
Häufigkeitsverteilung der gemessenen Daten eines Studienteilnehmers

daraus resultierende individuelle Exposition für den Menschen im Alltag ist. Solche Daten sollten durch das Projekt „Erfassung der niederfrequenten magnetischen Exposition der Bürger in Bayern“ erhoben werden. Das Projekt wurde im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen durchgeführt.

**Durchführung**

Für 2000 Bürger in Bayern wurde die Exposition durch niederfrequente Magnetfelder erfaßt.

Die hierzu verwendeten Meßgeräte erfassen kontinuierlich die niederfrequente Exposition bei 16 2/3 Hz und 50 Hz und speichern über 24 Stunden die Mittelwerte über jede Sekunde.

Das Meßgerät, das der Teilnehmer in einer Gürteltasche mit sich führte, kann magnetische Flußdichten von wenigen Nanotesla bis maximal 170µT (Vektor der drei Raumachsen) ermitteln.

Das Kollektiv der Teilnehmer sollte die bayerischen Bürger repräsentativ vertreten. Anhand der Bevölkerungsverteilung

wurden in 60 Gemeinden Teilnehmer für diese Studie ausgewählt.

Die Teilnehmer der Studie trugen das Meßgerät einen Tag lang und protokollierten stichpunktartig ihren Tagesablauf.

Somit konnten verschiedene Expositionssituationen analysiert werden, z. B. im Wohnbereich bei Tag und bei Nacht oder unterschiedliche Siedlungsstrukturen.

**Ergebnisse**

Für jeden Teilnehmer wurde sowohl für die Netzfrequenz mit 50 Hz als auch für die Bahnfrequenz mit 16 2/3 Hz eine Grafik erstellt. Diese spiegelt das Tagesprofil der Magnetfeldexposition wider.

Das folgende Beispiel zeigt die Magnetfeldexposition eines hauptsächlich im Büro arbeitenden Angestellten während eines gewöhnlichen Arbeitstages. Mittels eines Druckknopfes am Meßgerät (Event-Taste) konnten wichtige Ortswechsel, die auch im Protokoll schriftlich festgehalten wurden, markiert werden. Diese Zeitmarkierungen sind in der 24-Stunden-Grafik durch senkrechte, gestrichelte Linien gekennzeichnet (**Abbildung S-12**).

Der Teilnehmer war während der Arbeitszeit den Magnetfeldern üblicher Bürogeräte wie PC, Drucker oder Kopierer in seiner Nähe ausgesetzt. Der variable Abstand zu diesen Geräten zeigt sich in den hohen Schwankungen der Magnetfeldexposition (0,02 bis 0,3µT). Einzelne Spitzen erreichten tagsüber am Arbeitsplatz den Wert von 2µT. Deutlich geringer waren die gemessenen Magnetfelder bei der Autofahrt vom bzw. zum Arbeitsplatz (zwischen ca. 18.30 und 19.00 Uhr bzw. ca. 6.30 und 7.10 Uhr). Im Wohnbereich lagen die Meßwerte bei rund 0,04µT. Lediglich gegen 22.00 Uhr wurde in unmittelbarer Nähe am Fernsehgerät gearbeitet, wodurch Magnetfelder mit Werten von 1 bis 2µT festgestellt wurden. Während der Nachtruhe traten sehr niedrige Werte von 0,002–0,02µT auf.

Von allen erhobenen Meßwerten dieses Beispiels wurde eine Häufigkeitsverteilung erstellt (**Abbildung S-13**). Werte zwischen 0,010µT und 0,020µT sind am häufigsten aufgetreten. Dieser Studienteilnehmer war

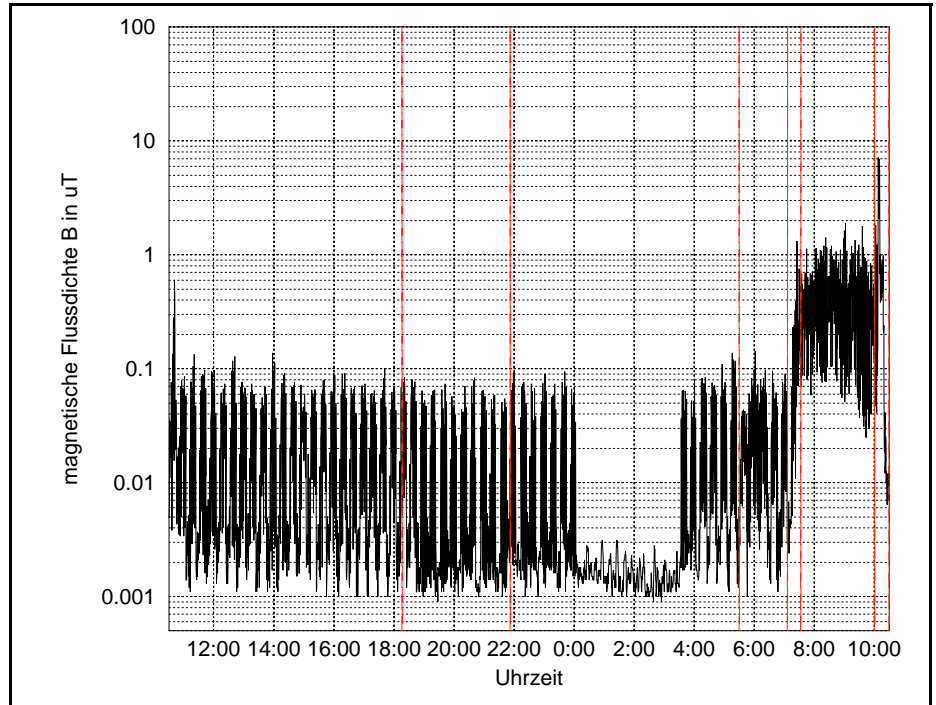
vergleichsweise sehr geringen Magnetfeldern ausgesetzt. Die wichtigsten statistischen Parameter des besprochenen Fallbeispiels sind tabellarisch zusammengestellt. Insgesamt konnte für 1952 Personen eine individuelle Auswertung erfolgen (**Tabelle S-10**).

In der zusammenfassenden **Tabelle S-11** sind hierfür die statistischen Parameter wie arithmetischer Mittelwert und Perzentilwerte der 50 Hz Exposition dargestellt. Diese Werte sind Mittelwerte aller Testpersonen. Die Standardabweichung bezieht sich auf die Einzelmittelwerte.

Der arithmetische Mittelwert über das Gesamtkollektiv beträgt mit  $0,101 \mu\text{T}$  nur den tausendsten Teil des Grenzwertes. Beim Median liegen die Hälfte der Daten ober- und unterhalb des Wertes von  $0,047 \mu\text{T}$ . Der Medianwert wird in neueren epidemiologischen Studien als Maß der Hintergrundexposition verwendet. Das 99%-Perzentil beschreibt, daß im Mittel des Gesamtkollektivs, 99 % aller Daten kleiner als  $0,785 \mu\text{T}$  waren. Meßwerte über  $100 \mu\text{T}$  sind bei 31 Personen aufgetreten. Bei 20 Teilnehmern traten derart hohe Werte nur für 1–10 Sekunden auf. Bei einer Testperson traten für 9 Minuten während der Arbeit Expositionswerte über  $100 \mu\text{T}$  auf. In der Regel gelten aber für die berufliche Exposition höhere Grenzwerte. Nach der 26. Verordnung sind Grenzwertüberschreitungen bis zum doppelten Betrag über 5 % des Tages für die allgemeine Bevölkerung zulässig.

Der Schrankenwert gibt die Häufigkeit der erfaßten Meßwerte oberhalb einer definierten Grenze an. Ermittelt wurde der prozentuale Anteil der Teilnehmer, für die entweder der arithmetische Mittel- und/oder der Medianwert der Exposition oberhalb der Schranken  $0,2 \mu\text{T}$ ,  $1 \mu\text{T}$ ,  $10 \mu\text{T}$  oder  $100 \mu\text{T}$  lag (**Tabelle S-12**). Für 2,4 % der 1952 Teilnehmer ergab sich aus den Meßdaten ein Medianwert der höher als  $0,2 \mu\text{T}$  lag. Dieser Schrankenwert ist von Bedeutung, da er in vielen epidemiologischen Studien als Grenze für ein exponiertes Kollektiv angesehen wird.

Eine Exposition mit 16 2/3 Hz Magnetfeldern betrifft nur Personen, die entweder die Eisen- bzw. S-Bahn benutzen oder



**Abbildung S-14**  
Tagesprofil der 16 2/3 Hz Magnetfelder einer Studienteilnehmerin

sich in der Nähe einer Bahntrasse aufhalten (**Abbildung S-14**).

Die vorgestellte Teilnehmerin wohnt und arbeitet (ca. 8.00 bis 10.00 Uhr) in der Nähe einer Bahnoberleitung. Eindrucksvoll sind die periodisch auftretenden Spitzen, die den Zeittakt der vorbeifahrenden Züge widerspiegeln.

In der Nacht zwischen 0 und 3 Uhr fahren keine Bahnen, die Oberleitungen sind lastfrei und es treten deshalb keine Magnetfelder auf. Die magnetischen Induktionen liegen im Haus mit Spitzenwerten bis  $0,1 \mu\text{T}$  und am Arbeitsplatz bis ca.  $1 \mu\text{T}$  weit unterhalb des Grenzwertes von  $300 \mu\text{T}$ . Grenzwertüberschreitungen traten bei 16 2/3 Hz in der Studie nicht auf.

Gemittelt über alle Personen ergeben sich die in **Tabelle S-13** dargestellten Werte bei 16 2/3 Hz.

**Zusammenfassung**

Diese Studie ist die erste, die bei einem großen Personenkollektiv 16 2/3 Hz und

arithm. Mittelwert	0,033 $\mu\text{T}$
Standardabweichung	0,087 $\mu\text{T}$
25 %	0,009 $\mu\text{T}$
50% (Median)	0,016 $\mu\text{T}$
75%	0,033 $\mu\text{T}$
95%	0,100 $\mu\text{T}$
99%	0,298 $\mu\text{T}$

**Tabelle S-13**  
Mittelung der statistischen Parameter von 1952 Studienteilnehmern bei 16 2/3 Hz Magnetfeldern

50 Hz Magnetfelder mit Personendosimetern erfaßt hat. Sowohl bei 50 Hz als auch bei 16 2/3 Hz ist die individuelle Exposition als gering einzustufen. Im Mittel liegt die Exposition 3 bis 4 Größenordnungen unterhalb des Grenzwertes. Einzelne Expositionsspitzen im Alltag erreichen kaum den



Grenzwert. Kurzzeitige Überschreitungen von insgesamt weniger als 20 Minuten bei 31 Personen sind bei einer gesamten Meßdauer von 46.850 Stunden marginal.

In den meisten Fällen waren Expositionen an den Arbeitsplätzen wie Werkstatt o. ä. höher als in Büroräumen. Geringfügige Unterschiede traten beim Vergleich der Siedlungsstrukturen auf. Personen, die in einer ländlichen Umgebung leben, hatten niedrigere Medianwerte als die Teilnehmer aus der Stadt. Der direkte Umgang mit elektrischen Geräten im Beruf und zu Hause zeigte vergleichbare Spitzenwerte.

Die nach der Bevölkerungsstruktur repräsentative Auswahl der Teilnehmer hat natürlich zur Folge, daß für die Untersuchung spezieller Gruppen die betreffende Personenanzahl für eine statistische Analyse zu gering war.

Aufbauend auf die hier gewonnenen Einblicke in die vielfältige und sehr variable individuelle Personenexposition sind eine Reihe speziellerer Fragen, z. B. zur beruflichen Exposition, aufgetreten, die in Zukunft durch weitere Untersuchungen beantwortet werden sollten.

### **Exposition niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder und Krebs: Bewertung epidemiologischer Studien**

O. Schulz, J. Brix, E. Vogel, J.H. Bernhardt

Mögliche gesundheitliche Beeinflussungen aufgrund niederfrequenter Felder, vor allem 50 Hz-Felder der Stromversorgung, sind in den letzten Jahren sowohl in das Blickfeld wissenschaftlichen als auch öffentlichen Interesses geraten. Neben experimentellen und theoretischen Untersuchungen wurde eine Vielzahl epidemiologischer Studien durchgeführt. Das BFS hat die Aufgabe, die aktuellen Forschungsergebnisse nicht nur zu dokumentieren, sondern auch kritisch zu bewerten. Zu diesem Zweck wurden die älteren Studien (bis 1995) anhand von Reports und Reviews und die neueren Arbeiten (1996 und 1997) anhand der Originalarbeiten ausgewertet. Dabei zeigte sich,

daß viele Untersuchungen gravierende Schwächen, v.a. hinsichtlich der Teststärke und der Expositionsbestimmung, aufweisen, die den Wert ihrer Ergebnisse in Frage stellen.

### **Exposition am Arbeitsplatz und Krebs**

Die große Anzahl von Untersuchungen zur Exposition am Arbeitsplatz und Krebs (bis 1995 mehr als 75 veröffentlichte Arbeiten), geht mit einer entsprechend großen Anzahl verschiedener, häufig widersprüchlicher Resultate einher. Ein Einfluß der Exposition auf das allgemeine Krebsrisiko wird durch die Übersicht der Studienergebnisse einschließlich der neueren Untersuchungen [1, 2] nicht bestätigt. Hinsichtlich bestimmter Krebserkrankungen, v.a. Hirntumore, Leukämie und Brustkrebs [3], lassen die Ergebnisse keinen einheitlichen Schluß zu. So finden Grayson [4] bzw. Miller *et al.* [1] und Feychting *et al.* [5] keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen niederfrequenten Feldern und der Häufigkeit von Hirntumoren. Sie beziehen sich allerdings auf eine recht grobe Expositionsbestimmung bzw. eine zu geringe Fallzahl. Guénel *et al.* [2] zeigen dagegen eine statistisch signifikante Erhöhung des Risikos in Abhängigkeit von der kumulativen Exposition elektrischer Felder, wobei auch hier die Fallzahlen zu klein für deutliche Schlußfolgerungen sind. Die Übersicht der Studien bezüglich Leukämie ergibt ebenfalls ein sehr uneinheitliches Bild. Im Gegensatz zu Miller *et al.* [1] finden Guénel *et al.* [2] und Kheifets *et al.* [6] keinen Zusammenhang zwischen dem allgemeinen Leukämierisiko und der kumulativen Exposition elektrischer Felder. Die Ergebnisse der Studie von Feychting *et al.* [5] wiederum zeigen eine Korrelation zwischen dem entsprechenden Risiko und der Exposition magnetischer Felder. Ein Befund, der jedoch von Miller *et al.* [1] nicht bestätigt wird. Bezüglich der verschiedenen Formen von Leukämie können wegen der geringen Fallzahlen kaum sinnvolle Aussagen getroffen werden. Entsprechend sind die Ergebnisse sehr inkonsistent, obwohl verschiedene Studien statistisch signifikante Unterschiede ergaben.

### **Exposition in der Wohnumgebung und Krebs bei Kindern und bei Erwachsenen**

Die Studien zeigen, daß niederfrequente Felder in der Wohnumgebung keinen Einfluß auf die absolute Anzahl von Krebserkrankungen bei Kindern haben. Mit Ausnahme von Leukämie [7, 8, 9] gilt auch für alle im einzelnen untersuchten Krebsarten einschließlich Hirntumore [10], daß die vorliegenden Ergebnisse nicht den Schluß einer positiven Korrelation zwischen Exposition und Krankheitsinzidenz zulassen.

Die neueren, qualitativ besseren Arbeiten zum Auftreten von Leukämie bei Kindern [7, 9] können aufgrund unterschiedlicher Expositionsmaße nicht direkt miteinander verglichen werden. Die Ergebnisse von Michaelis *et al.* [7] weisen auf einen möglichen Zusammenhang zwischen einer Magnetfeldexposition ( $>0,2\mu\text{T}$ , 24 h-Messungen) und Leukämie bei jüngeren Kindern (0 bis 4jährige) hin. Jedoch basiert diese Studie auf zu wenigen exponierten Fällen und Kontrollen, als daß sie als Grundlage für eine klare Aussage dienen könnte. In der sorgfältigen und sehr umfangreichen Studie von Linet *et al.* [9] wird die Exposition sowohl durch verschiedene Messungen als auch über den Wire-Code (Bewertung in Abhängigkeit von der Art der Leitungen und ihrer Entfernung vom Haus) quantifiziert. Die Ergebnisse zeigen, daß ein Zusammenhang zwischen Wire-Code und Krebsrisiko offenbar nicht oder nur unter bestimmten, bisher nicht nachvollziehbaren Bedingungen existiert. Des Weiteren finden Linet *et al.* keine Verbindung zwischen dem Auftreten von Leukämie und der mittleren, zeitlich gewichteten Magnetfeldexposition. Ob eine entsprechende Studie unter in Deutschland herrschenden Bedingungen, mit einem anderen Expositionsmaß oder unter besonderer Beachtung jüngerer Kinder das gleiche Resultat erbracht hätte, muß allerdings offenbleiben.

Die Frage nach dem Einfluß niederfrequenter Felder auf das Leukämierisiko bei Kindern ist derzeit nicht abschließend zu beantworten. Die bisherigen Untersuchungen zeigen aber, daß der Zusammenhang zwischen Leukämie und niederfrequenten Feldern – falls er existiert – kein bedeutsames

mes Risiko im Vergleich zu dem anderer Umweltfaktoren darstellt.

Die meisten Untersuchungen des Leukämierisikos bei Erwachsenen zeigen keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zur Magnetfeldexposition. Die Aussagen der wenigen Ausnahmen, bei denen sich eine schwache aber statistisch signifikante Korrelation ergab [11], sollten in zukünftigen Studien, unter anderem durch Beachtung der kumulativen Exposition, überprüft werden. Für andere Krebserkrankungen und Krebs im allgemeinen wird die Hypothese, daß zwischen dem Krebsrisiko und der Exposition niederfrequenter Felder eine Verbindung bestehen könnte, durch die Übersicht der Untersuchungen nicht bestätigt.

#### Resümee

Die Qualität der Untersuchungen ist sehr unterschiedlich, was eine eingehende Bewertung notwendig macht. Zwei kritische Punkte sind der Studienumfang und die Expositionsbestimmung. Vielen Arbeiten mangelt es an einer ausreichenden Teststärke, um die vermuteten Zusammenhänge klären zu können. Auch statistisch signifikante Ergebnisse sind häufig nur mit Vorbehalt zu interpretieren, wenn sie aufgrund geringer Fallzahlen und einer unsicheren Expositionsbestimmung auf einzelne Mißklassifizierungen zurückzuführen sein können.

Trotz der genannten Mängel lassen sich einige allgemeine Schlußfolgerungen ziehen: Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß zivilisationsbedingte, niederfrequente Felder keinen Einfluß auf das allgemeine Krebsrisiko haben. Des weiteren ist auch in bezug auf die meisten Krebsarten ein Zusammenhang zur Feldexposition sehr unwahrscheinlich. In einigen Fällen ergibt sich jedoch ein inkonsistentes Bild, so daß die Existenz eines Zusammenhanges an sich nicht auszuschließen ist (Leukämie, Hirntumore, Brustkrebs).

Die verschiedenen Verdachtsmomente aufgrund einzelner Studien, deren metho-

dische Limitierungen keine sinnvollen Aussagen erlauben, sind einerseits mit der Feststellung wissenschaftlicher Unzulänglichkeiten kaum auszuräumen und können andererseits aufgrund des erheblichen Aufwandes nicht sämtlich durch die Ergebnisse fundierter Studien ersetzt werden. Sie stellen damit ein erhebliches Problem für eine abschließende und möglichst weit akzeptierte Beurteilung des Einflusses niederfrequenter Felder und der Erstellung entsprechender Grenzwerte dar.

- [1] *Miller, A. B., To, T., Agnew, D. A., Wall, C., Green, L. M.*  
Leukemia following Occupational Exposure to 60-Hz Electric and Magnetic Fields among Ontario Utility Workers.  
*Am J Epidemiol* 144/2 (1996), p. 150–160
- [2] *Guénel, P., Nicolau, J., Imbernon, E., Chevallier, A., Goldberg, M.*  
Exposure to 50-Hz Electric Fields and Incidence of Leukemia, Brain Tumors, and Other Cancers among French Electric Utility Workers.  
*Am J Epidemiol* 144/12 (1996), p. 1107–1121
- [3] *Coogan, P. F., Clapp, R. W., Newcomb, P. A., Wenzl, T. B., Bogdan, G., Mittendorf, R., Baron, J. A., Longnecker, M. P.*  
Occupational Exposure to 60-Hertz Magnetic Fields and Risk of Breast Cancer in Woman.  
*Epidemiology* 7/5 (1996), p. 459–458
- [4] *Grayson, J. K.*  
Radiation Exposure, Socioeconomic Status, and Brain Tumor Risk in the US Air Force: A Nested Case-Control Study.  
*Am J Epidemiol* 143/5 (1996), p. 480–486
- [5] *Feychting, M., Forssén, U., Floderus, B.*  
Occupational and Residential Magnetic Field Exposure and Leukemia and Central Nervous System Tu-

mors.

*Epidemiology* 8/4 (1997), p. 384–389

- [6] *Kheifets, L. I., London, S. J., Peters, J. M.*  
Leukemia Risk and Occupational Electric Field Exposure in Los Angeles County, California.  
*Am J Epidemiol* 146/1 (1997), p. 87–90
- [7] *Michaelis J., Schüz, J., Meinert, R., Menger, M., Grigat, J. P., Kaatsch, P., Kaletsch, U., Miesner, A., Stamm, A., Brinkmann, K., Kärner, H.*  
Childhood leukemia and electromagnetic fields: results of a population-based case-control study.  
*Cancer Causes Control* 8 (1997A), p. 167–174
- [8] *Coghill, R. W., Steward, J., Philips, A.*  
Extra low frequency electric and magnetic fields in the bedplace of children diagnosed with leukaemia: a case-control study.  
*European Journal of Cancer Prevention* 5 (1996), p. 153–158
- [9] *Linnet, M. S., Hatch, E. E., Kleinerman, R. A., Robinson, L. L., Kaune, W. T., Friedman, D. R., Severson, R. K., Haines, C. M., Hartsock, C. T., Niwa, S., Wacholder, S., Tarone, R. E.*  
Residential Exposure to Magnetic Fields and Acute Lymphoblastic Leukemia in Children.  
*The New England Journal of Medicine* 337/1 (1997), p. 1–7
- [10] *Preston-Martin, S., Navidi, W., Thomas, D., Lee, P.-L., Bowman, J., Pogoda, J.*  
Los Angeles Study of Residential Magnetic Fields and Childhood Brain Tumors.  
*Am J Epidemiol* 143/2 (1996), p. 105–119
- [11] *Li, C.-Y., Thériault, G., Lin, R. S.*  
Residential Exposure to 60 Hertz Magnetic Fields and Adult Cancers in Taiwan.  
*Epidemiology* 8/1 (1996), p. 25–30

## Strahlenexposition der Bevölkerung durch Ableitung von Radionukliden in Höhe rechtlich vorgegebener Nachweisgrenzen

H. Wildermuth, M. Kainz, R. Haubelt

Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft und Wasser aus Kernkraftwerken ist zu überwachen, um die Kontrolle der Einhaltung der von der zuständigen Aufsichtsbehörde festgelegten maximal zulässigen Aktivitätsabgaben sowie der Dosisgrenzwerte nach § 45 StrlSchV zu gewährleisten. Im Rahmen der Emissionsüberwachung werden daher die Ableitungen mit Spezifikation nach Art und Aktivität meßtechnisch erfaßt und bilanziert.

Art und Umfang der erforderlichen Messungen sowie die Anforderungen an die Meßverfahren sind in Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) festgelegt. Die Meßanordnungen zur nuklidspezifischen Bilanzierung müssen so ausgelegt sein, daß die in den einschlägigen KTA-Regeln angegebenen Nachweisgrenzen nicht überschritten werden. Im folgenden wird für den Luftpfad untersucht, ob die geforderten Nachweisgrenzen niedrig genug sind, um die Einhaltung der Dosisgrenzwerte sicher nachweisen zu können. Hierzu werden für die zu bilanzierenden Radionuklide zunächst die Jahresableitungen berechnet, die sich ergeben, wenn die Aktivitätskonzentrationen dieser Nuklide in der Fortluft während eines ganzen Jahres der jeweils geforderten Nachweisgrenze entsprechen. Anschließend wird die aus diesen Jahresableitungen resultierende Strahlenexposition berechnet.

### Nachweisgrenzen

Da in der KTA-Regel 1503.1 [1] nicht für alle beim Luftpfad zu bilanzierenden Radionuklide (**Tabelle S-14** Spalte 1) Nachweisgrenzen genannt sind, werden diese ergänzt durch die in den Meßanleitungen Umweltradioaktivität [2] aufgeführten

meßtechnisch bedingten Grenzen für den Nachweis einzelner Radionuklide. Um ein konservatives Ergebnis bezüglich der Strahlenexposition der Bevölkerung zu erhalten, werden die Werte aus den Meßanleitungen ggf. auf die Nachweisgrenzen von Leitnukliden nach KTA 1503.1 umgerechnet, was bei allen Nukliden zu einer deutlichen Anhebung der nach [2] meßtechnisch erreichbaren Nachweisgrenzen führt.

**Edelgase:** Für die Nachweisgrenzen von Edelgasen ist in KTA 1503.1 jeweils ein Wert für Kr-85 und Xe-133 angegeben (**Tabelle S-14** Spalte 2). In den Meßanleitungen sind für diese beiden Radionuklide und für 11 weitere Edelgasnuklide Nachweisgrenzen aufgeführt (**Tabelle S-14** Spalte 3). Die bei der üblichen Meßmethode (Tagesspektrum) erreichten Nachweisgrenzen für Kr-85 und Xe-133 liegen um ca. eine Größenordnung unter denen nach KTA 1503.1. Die Werte aus den Meßanleitungen werden daher proportional zur Nachweisgrenze des Nuklids Xe-133 nach KTA 1503.1 umgerechnet (**Tabelle S-14** Spalte 4). Die so berechneten nuklidspezifischen Nachweisgrenzen liegen deutlich über den zur Zeit nach dem Stand von Wissenschaft und Technik realisierten Werten (**Tabelle S-14** Spalte 3).

**Aerosole:** Bei Aerosolen wird wie bei den Edelgasen vorgegangen. Das Leitnuklid Co-60 bildet hier den Bezugswert zum ausführlichen Nuklidvektor aus den Meßanleitungen, der 20 aerosolgebundene Radionuklide enthält, darunter auch aerosolförmiges I-131 (**Tabelle S-14** Spalte 3). Nach den Meßanleitungen werden in der Praxis bei einer Meßzeit von 3 Stunden deutlich kleinere Nachweisgrenzen erreicht als in KTA 1503.1 für Co-60 vorgegeben.

**Jod-131:** Für gasförmiges I-131 wird die in KTA 1503.1 angegebene Nachweisgrenze für die Berechnung verwendet. Dabei wird die gesamte gasförmige Jodableitung aus Konservativitätsgründen in Form von elementarem Jod angenommen.

**Strontium:** Die Berechnungen werden für die in KTA 1503.1 für Sr-89 und Sr-90 genannten Nachweisgrenzen durchgeführt. In den Meßanleitungen ist ein Rechenbeispiel für ein bestimmtes Meßverfahren an-

gegeben, welches wie bei den Aerosolen praxisnahe Nachweisgrenzen von ca. 2 Größenordnungen unter den KTA-Vorgabewerten ergibt.

**Alphastrahler:** In KTA 1503.1 ist für das Leitnuklid Am-241 eine Nachweisgrenze von  $5E-3 \text{ Bq/m}^3$  gefordert. Es sind allerdings weitere 5 Alphastrahler zu berücksichtigen, wobei zwei Nuklidpaare (Pu-238/Am-241 und Pu-239/Pu-240) zusammengefaßt werden können. Um ein konservatives Ergebnis bezüglich der Strahlenexposition zu erhalten, werden alle 6 Alphastrahler mit der Nachweisgrenze von Am-241 berücksichtigt. In den Meßanleitungen sind für diese Nuklide keine Nachweisgrenzen angegeben, sie liegen jedoch nach Angaben der Betreiber in den Berichtsbögen nach KTA 1503.1 bei Werten um  $1E-5 \text{ Bq/m}^3$  und damit um einen Faktor 500 unter dem Wert aus KTA 1503.1, so daß die Ableitungen von Alphastrahlern hier stark überschätzt werden.

**Tritium und Kohlenstoff-14:** Für beide Radionuklide ist in KTA 1503.1 eine Nachweisgrenze enthalten, wobei der Wert für C-14 als jährliche Ableitung angegeben ist.

### Dosisberechnung

Die Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung wird für die in Anlage XI StrlSchV definierte Referenzperson durchgeführt. Dabei findet die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV Anwendung. Zur Berechnung der atmosphärischen Ausbreitung werden 100 Meter Emissionshöhe und mittlere Ausbreitungsbedingungen angenommen, welche durch folgende Parameter definiert werden:

- Langzeitausbreitungsfaktoren für Gesamtjahr und Vegetationsperiode,
- Langzeitwashout- und Langzeitfalloutfaktoren für Gesamtjahr und Vegetationsperiode,
- Langzeitausbreitungsfaktoren für Gammamersersion.

Diese Ausbreitungsgrößen können bei ungünstigeren Standortbedingungen, wie niedriger Emissionshöhe, geringen Wind-

Nuklid	NWG aus KTA 1503.1	NWG aus MU <sup>(1)</sup>	NWG aus MU bezogen auf KTA <sup>(2)</sup>	Jahresableitung mit Fortluft <sup>(3)</sup>	Effektive Dosis Erwachsene	Effektive Dosis Kinder	
1	2 Bq/m <sup>3</sup>	3 Bq/m <sup>3</sup>	4 Bq/m <sup>3</sup>	5 Bq/a	6 Sv	7 Sv	
Ar-41	1,0E+04	1,3E+01	2,1E+02	7,5E+11	6,4E-08	7,7E-08	
Kr-85		2,4E+03	1,0E+04	3,6E+13	7,7E-09	9,2E-09	
Kr-85m		1,1E+01	1,8E+02	6,4E+11	8,4E-09	1,0E-08	
Kr-87		2,0E+01	3,2E+02	1,2E+12	6,0E-08	7,2E-08	
Kr-88		3,4E+01	5,5E+02	2,0E+12	2,5E-07	3,0E-07	
Kr-89		7,4E+01	1,2E+03	4,3E+12	4,7E-07	5,7E-07	
Xe-131m		5,0E+02	4,4E+02	7,1E+03	2,6E+13	6,8E-08	8,1E-08
Xe-133			3,1E+01	5,0E+02	1,8E+12	7,6E-09	9,1E-09
Xe-133m			8,8E+01	1,4E+03	5,1E+12	2,0E-08	2,4E-08
Xe-135			1,0E+01	1,6E+02	5,8E+11	9,6E-09	1,2E-08
Xe-135m	1,3E+01		2,1E+02	7,5E+11	2,2E-08	2,7E-08	
Xe-137	3,3E+01		5,3E+02	1,9E+12	2,3E-08	2,8E-08	
Xe-138	2,9E+01		4,7E+02	1,7E+12	1,3E-07	1,6E-07	
Cr-51	2,0E-02		3,0E-03	1,9E-01	7,0E+08	2,7E-10	1,6E-09
Mn-54		2,8E-04	1,8E-02	6,5E+07	3,1E-09	4,3E-09	
Fe-59		8,0E-04	5,2E-02	1,9E+08	4,9E-09	5,9E-09	
Co-57		1,6E-04	1,0E-02	3,7E+07	3,7E-10	4,8E-10	
Co-58		3,0E-04	1,9E-02	7,0E+07	1,4E-09	2,1E-09	
Co-60		3,1E-04	2,0E-02	7,2E+07	6,0E-08	9,0E-08	
Zn-65		6,1E-04	3,9E-02	1,4E+08	4,5E-08	9,4E-08	
Zr-95		5,1E-04	3,3E-02	1,2E+08	3,2E-09	3,7E-09	
Nb-95		4,1E-04	2,6E-02	9,5E+07	4,5E-09	3,9E-09	
Ru-103		3,1E-04	2,0E-02	7,2E+07	5,0E-10	4,9E-10	
Ru-106		2,8E-03	1,8E-01	6,5E+08	7,6E-08	8,4E-08	
Ag-110m		3,8E-04	2,5E-02	8,8E+07	2,8E-08	5,4E-08	
Sb-124		7,4E-04	4,8E-02	1,7E+08	6,5E-09	9,6E-09	
Cs-134		3,0E-04	1,9E-02	7,0E+07	6,4E-08	2,5E-08	
Cs-137		2,9E-04	1,9E-02	6,7E+07	9,4E-08	7,1E-08	
Ba-140		2,3E-04	1,5E-02	5,3E+07	4,0E-10	6,8E-10	
La-140		5,6E-04	3,6E-02	1,3E+08	1,6E-10	2,4E-10	
Ce-141		4,0E-04	2,6E-02	9,3E+07	3,4E-10	4,3E-10	
Ce-144		1,3E-03	8,4E-02	3,0E+08	2,4E-08	2,7E-08	
I-131 aerosolgeb.		2,0E-02	7,8E-04	5,0E-02	1,8E+08	4,4E-09	1,5E-08
I-131 gasförmig			2,0E-02	7,2E+07	6,0E-09	2,1E-08	
Sr-89	1,0E-03		1,0E-03	3,6E+06	6,9E-11	1,6E-10	
Sr-90	1,0E-03		1,0E-03	3,6E+06	6,5E-09	3,8E-09	
Pu-238	5,0E-03		5,0E-03	1,8E+07	3,5E-07	2,0E-07	
Pu-239			5,0E-03	1,8E+07	3,9E-07	2,1E-07	
Pu-240			5,0E-03	1,8E+07	3,9E-07	2,1E-07	
Am-241			5,0E-03	1,8E+07	4,0E-07	2,2E-07	
Cm-242			5,0E-03	1,8E+07	1,2E-08	1,7E-08	
Cm-244			5,0E-03	1,8E+07	2,2E-07	1,6E-07	
H-3	1,0E+03		1,0E+03	3,6E+12	7,7E-08	6,7E-08	
C-14	5,0E+09Bq/a			5,0E+09	2,9E-08	5,1E-08	
<b>Summe effektive Dosis</b>					<b>3,4E-06</b>	<b>3,0E-06</b>	
davon Dosisanteile							
<b>Edelgase</b>					<b>1,1E-06</b>	<b>1,4E-06</b>	
<b>Aerosole, ohne Alphastrahler</b>					<b>4,3E-07</b>	<b>5,0E-07</b>	
<b>Alphastrahler</b>					<b>1,8E-06</b>	<b>1,0E-06</b>	

(1) Nachweisgrenzen (NWG) aus den Meßanleitungen Umweltradioaktivität 4. Lfg./1997 (MU)

(2) proportionale Umrechnung, Nachweisgrenzen aus KTA 1503.1 werden direkt übernommen

(3) Jahresableitung mit Fortluftmenge 3,6E9 m3/a als obere Grenze der üblichen Fortluftmengen

Tabelle S-14

Nachweisgrenzen für Radionuklide in der Fortluft kerntechnischer Anlagen und resultierende Strahlenexposition

geschwindigkeiten und orographisch stark gegliedertem Gelände, Werte annehmen, die zum Teil bis zu einer Größenordnung über den hier verwendeten mittleren Werten liegen.

Um aus den Nachweisgrenzen (**Tabelle S-14** Spalte 4) zu jährlichen Ableitungen zu gelangen, sind diese mit einer typischen Fortluftmenge umzurechnen. Die Fortluftmengen der Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland liegen im Bereich zwischen  $1E9$  und  $3,6E9$   $m^3/a$  (1996). Für die Berechnung der jährlichen Ableitung wird die obere Grenze der Fortluftmenge von  $3,6E9$   $m^3/a$  verwendet. In der **Tabelle S-14** sind in Spalte 5 die resultierenden Jahresableitungen enthalten.

### Ergebnis

In der **Tabelle S-14** sind in den Spalten 6 und 7 die mit den Jahresableitungen, die sich wie oben beschrieben aus den Nachweisgrenzen ergeben, berechneten Beiträge der zu bilanzierenden Radionuklide zur effektiven Dosis für Erwachsene und Kinder (Alter 1 Jahr) angegeben. Die gesamte effektive Dosis beträgt 3,4 Mikrosievert für Erwachsene und 3,0 Mikrosievert für Kinder. Zusätzlich zu den über alle Nuklide aufsummierten Gesamtwerten der effektiven Dosis sind die Dosisbeiträge der Nuklidgruppen Edelgase, Aerosole und Alphastrahler getrennt ausgewiesen.

Somit sind die rechtlich festgelegten Nachweisgrenzen für radioaktive Stoffe in der Fortluft von Kernkraftwerken bei mittleren Ausbreitungsbedingungen ausreichend, um eine durch diese Emissionen bedingte Strahlenexposition von rund einem Prozent des Dosisgrenzwertes von 300 Mikrosievert nach § 45 StrlSchV zuverlässig zu erfassen. Ungünstige Ausbreitungsbedingungen können diesen Wert bis auf einige Prozent des Dosisgrenzwertes ansteigen lassen.

Mit den in der Praxis erreichten Nachweisgrenzen ist die berechnete Gesamtdosis um mehr als eine Größenordnung geringer. Insbesondere bei den Alphastrahlern in der Fortluft von Kernkraftwerken lassen sich wesentlich niedrigere Nachweisgrenzen erreichen als nach KTA 1503.1 gefordert, so daß die Alphastrahler ebenso wie Jod-131, Strontium-89/-90, Tritium und

Kohlenstoff-14 bei Emissionen, die den Nachweisgrenzen entsprechen, nur unerheblich zur Gesamtdosis beitragen.

- [1] *Sicherheitstechnische Regel des KTA KTA 1503.1, Teil1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb.* 6/93
- [2] *Meßanleitungen Umweltradioaktivität 4.Lfg./1997*  
Gustav Fischer Verlag

### **Ermittlung von Transferfaktoren Boden-Pflanze für U-238 und Ra-226 in einer uranbergbaulich beeinflussten Kleingartenanlage**

S. Nalezinski, D. Lux

Die Kleingartenanlage „Silberbachtal“ liegt auf einer ehemaligen Halde aus dem Uranbergbau in Schlema (Sachsen). Um die Strahlenexposition abzuschätzen wurden dort radioökologische Untersuchungen durchgeführt. Bestandteil der Studie war die Bestimmung von Transferfaktoren für den Übergang der Nuklide U-238 und Ra-226 aus dem Boden in verschiedene Gemüsepflanzen. Neben der Erweiterung der Datenbasis sollte ein Vergleich der Ergebnisse mit den wenigen Transferfaktoren aus der internationalen Literatur [2] gezogen werden.

Die Abraumhalde unter der Gartenanlage entstand in den 50er Jahren und wurde in den späten 70er Jahren durch eine Abdeckung mit Mutterboden rekultiviert. Die Auflagenstärke schwankt etwa zwischen 10 und 80 cm. Die spezifischen Aktivitäten von U-238 und Ra-226 sind in den für die Wurzelaufnahme wichtigen obersten 20 cm Boden annähernd gleichmäßig verteilt. Im Mittel wurden in dieser Schicht 260 Bq/kg U-238 mit einer Spannweite von 140 bis 500 Bq/kg gemessen. Für Ra-226 beträgt die mittlere spezifische Aktivität 165 Bq/kg bei einer Schwankungsbreite von 80 bis 380 Bq/kg. Alle Messungen beziehen sich auf das Trockengewicht. Die spezifischen Aktivitäten im Boden der Gartenanlage Silberbachtal liegen damit höher als in natür-

lichen, vom Uranbergbau unbeeinflussten Böden Deutschlands. Hier finden sich spezifische Aktivitäten für U-238 von etwa 7 – 35 Bq/kg und für Ra-226 von etwa 8 – 200 Bq/kg [1].

Die gemessenen Aktivitäten für U-238 und Ra-226 in verschiedenen Gemüsearten sind in **Tabelle S-15** aufgelistet. Bezogen auf das Trockengewicht wurden die höchsten Aktivitätskonzentrationen mit durchschnittlich 8 Bq/kg U-238 und etwa 22 Bq/kg Ra-226 im Kopfsalat gefunden. In den übrigen drei betrachteten Gemüsearten liegen die jeweiligen Aktivitätskonzentrationen deutlich niedriger als im Salat, häufig sogar unterhalb der Nachweisgrenze von 0,1 Bq/kg für U-238 bzw. 3 Bq/kg für Ra-226.

Gemüse aus uranbergbaulich unbeeinflussten Gegenden der Bundesrepublik weist spezifische Aktivitäten zwischen <1 und 43 Bq/kg U-238 bzw. 1 und 23 Bq/kg Ra-226 auf [1]. Im Vergleich dazu lassen sich bei Gemüse aus der Kleingartenanlage Silberbachtal, mit Ausnahme von Ra-226 in Kopfsalat, keine signifikant erhöhten Aktivitätswerte beobachten.

Die für die Kleingartenanlage Silberbachtal ermittelten Transferfaktoren Boden-Pflanze, d. h. der Quotient aus spezifischer Aktivität in der Trockensubstanz von Pflanzen und spezifischer Aktivität in der Trockensubstanz im Boden, sind in **Tabelle S-16** aufgeführt. Die mittleren Transferfaktoren für U-238 errechneten sich für Kartoffeln zu 0,0027, für Salat zu 0,036, für Kohlrabi zu 0,0011 und für Tomaten zu <0,00038.

In Anbetracht der im allgemeinen hohen Unsicherheit von Transferfaktoren Boden-Pflanze sind die in der Gartenanlage ermittelten Werte mit den von der IAEA veröffentlichten vergleichbar. Diese betragen für den Übergang von Uran aus dem Boden in Kartoffeln und verschiedene grüne Gemüse 0,011 bzw. 0,0083 [2].

Der mittlere Ra-226 Transferfaktor Boden-Pflanze läßt sich in der Gartenanlage Silberbachtal nur für Kopfsalat, mit dem Wert 0,16, bestimmen. Dadurch, daß bei den übrigen Gemüsearten die Aktivitätskonzentrationen für Ra-226 teilweise unter der Nachweisgrenze liegen, läßt sich für die Transferfaktoren nur ein Bereich angeben. Dieser liegt für Kohlrabi zwischen <0,017

Kultur	Aktivität U-238 (Bq/kg TS)			Aktivität RA-226 (Bq/kg TS)		
	Silberbachtal		Vergleichswerte (aus [1])	Silberbachtal		Vergleichswerte (aus [1])
	Mittelwert ± SM	Bereich	Bereich	Mittelwert ± SM	Bereich	Bereich
Kopfsalat	8,1 ± 1,1	4,3 – 11	<1 – 43 (Blattgemüse)	22 ± 2,9	13 – 32	1,0 – 23 (Blattgemüse)
Kohlrabi	0,30 ± 0,082	0,16 – 0,72	0,06 – 20 (Kohlarten)	–	< 3 – 6,7	0,1 – 8,0 (Kohlarten)
Kartoffeln	0,63 ± 0,12	0,37 – 1,21	0,05 – 1,2	–	< 3	0,3 – 6,5
Tomaten	–	< 0,1	–	–	< 3 – 5,5	–

\* Quelle: UMWELTRADIOAKTIVITÄT. Um die auf das Frischgewicht bezogenen Werte mit den spezifischen Aktivitäten im Trockengewicht vergleichen zu können, wurden die Literaturwerte gemäß einem durchschnittlichen Wassergehalt mit den Faktoren 20 (Blattgemüse), 10 (Kohlarten) und 5 (Kartoffelarten) multipliziert.  
SM = Standardfehler des Mittelwertes

Tabelle S15

Pflanzenaktivitäten für U-238 und Ra-226 aus der Gartenanlage Silberbachtal und anderen Gegenden in der Bundesrepublik

Kultur	Transferfaktor für U-238					Transferfaktor für RA-226				
	Silberbachtal			Vergleichswerte (aus [2])		Silberbachtal			Vergleichswerte (aus [2])	
	n	Mittelwert	SA	n	Mittelwert	n	Mittelwert	SA	n	Mittelwert
Kopfsalat	6	0,036	0,018			7	0,16	0,093		
Kohlrabi	6	0,0011	0,0008			7	< 0,017 – 0,057			
Kartoffeln	6	0,0024	0,0014	2	0,011	5	< 0,031		18	0,0011
Tomaten	2	< 0,00038				5	< 0,0079 – 0,031		2	0,0061
verschied. grüne Gemüse				13	0,0083				9	0,049

n = Stichprobenanzahl  
SA = Standardabweichung

Tabelle S-16

Transferfaktoren Boden-Pflanze für verschiedene Gemüsearten aus der Gartenanlage Silberbachtal im Vergleich mit Literaturwerten

und 0,057, für Tomaten zwischen <0,0079 und 0,031 und für Kartoffeln unterhalb 0,031. Die IAEA gibt Radium Transferfaktoren von 0,0011 für Kartoffeln, 0,0061 für Tomaten und 0,049 für verschiedene grüne Gemüse an [2]. Diese Werte liegen im Bereich der in der Kleingartenanlage Silberbachtal ermittelten.

Die im Rahmen der Silberbachtalstudie gewonnenen Ergebnisse deuten darauf hin, daß die Abraumphalde unter der Klein-

gartenanlage keinen Einfluß auf die gemüsespezifischen Transferfaktoren Boden-Pflanze hat. Sie sind vergleichbar mit Werten aus der internationalen Literatur.

Trotz der erhöhten spezifischen Aktivität im Boden der Kleingartenanlage Silberbachtal sind die Aktivitätswerte der Pflanzen mit Ausnahme von Kopfsalat vergleichbar mit denen von Gemüse aus uranbergbaulich unbeeinflussten Gegenden der Bundesrepublik [1].

[1] Umweltpolitik, Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 1994

[2] Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments, IAEA, 1994

## Nachbildung von Radionukliden in Abfällen

M. Bleher, J. Poschner, G. Schaller

Die Freigabe von Abfällen mit geringfügiger Aktivität zur Beseitigung auf einer Deponie oder zur Verbrennung in einer Thermischen Behandlungsanlage kann vor dem Hintergrund der EURATOM-Grundnormen (Richtlinie 96/29/EURATOM des Rates vom 13. 5. 1996) in Betracht gezogen werden, wenn die dadurch hervorgerufene Strahlenexposition vernachlässigbar ist (de-minimis-Konzept).

Der Nachweis einer vernachlässigbaren Strahlenexposition gilt in der Regel durch die Anwendung von Freigabewerten als erbracht. Zur Festlegung dieser Freigabewerte werden radioökologische Rechenmodelle entwickelt, mit deren Hilfe potentielle Dosen durch Ingestion, Inhalation oder Direktstrahlung berechnet werden können.

Diese Modelle berücksichtigen die üblichen Entsorgungsverfahren der Verbrennung und Deponierung. Hierbei erweisen sich für die Festlegung von Freigabewerten im wesentlichen folgende Szenarien als bedeutsam:

1. Die Exposition des Arbeiters auf einer Deponie durch Inhalation von Staub und die Direktstrahlung von der Deponieoberfläche aus.
2. Die Nutzung eines Privatbrunnens in der Nähe einer Deponie durch die Bevölkerung; hierbei wird angenommen, daß Nuklide aus der Deponie in das Grundwasser sickern, über einen Brunnen in die Nahrung gelangen und so zu einer Ingestionsdosis führen.

Bei diesen Berechnungen muß die Nachbildung von Tochternukliden auf einer Deponie berücksichtigt werden, da diese Tochternuklide zusätzlich zum Mutternuklid eine Dosis bewirken können.

Im Falle des Ba-137m und seines Mutternuklids Cs-137 sind, da beide immer zu gleichen Aktivitäten vorliegen, lediglich die durch sie verursachten Dosen aufzusummieren. Diese Vorgehensweise wird für

alle anderen Nuklide im säkularen Gleichgewicht zueinander angenommen. Als Kriterium für das säkulare Gleichgewicht wurden aus praktischen Erwägungen heraus eine Halbwertszeit  $\leq 2$  Monaten für alle Tochternuklide langlebiger Mutternuklide angenommen.

Aufwendiger als die einfache Bildung von Dosissummen ist die Berechnung des Dosisbeitrags, wenn die Tochternuklide erst nach Monaten oder Jahren bis zu einer dosisrelevanten Aktivität nachgebildet werden. Nachfolgend wird die hierbei angewandte Vorgehensweise für die Fälle beschrieben, bei denen Mutter- und Tochternuklid nicht im säkularen Gleichgewicht zueinander vorliegen.

### Dosisabschätzung für den Deponiearbeiter

Beim dem Szenarium des Arbeiters auf einer Mülldeponie ist zu berücksichtigen, daß während der Deponiebetriebsphase stetig Abfälle aufgebracht werden und die vorher aufgebrachten Nuklide überdecken. Für die vorliegenden Berechnungen wurde eine Zunahme von 5 Meter pro Jahr angenommen, bzw. 0,4 Meter in einem Monat. Für den Expositionspfad „Inhalation“ bedeutet dies, daß Nuklide, die nennenswert nach einem Monaten nachgebildet werden, bereits tief verschüttet sind und nicht mehr inhalationsfähig sind. Ihr Dosisbeitrag ist also nicht zu berücksichtigen.

Bewirkt ein Tochternuklid seine bedeutendste Dosis durch Direktstrahlung, ist die während seiner Bildung zunehmende Abschirmung durch Abfall zu berücksichtigen.

Bei der Überlegung, inwieweit die Tochternuklide mit einer Halbwertszeit  $> 2$  Monate einen Dosisbeitrag liefern, wird vereinfachend angenommen, daß aus Tiefen  $> 0,4$  Meter kein Beitrag zur Ortsdosisleistung (ODL) geliefert wird. Diese Müllmächtigkeit wird innerhalb eines Monats erreicht. Bis zu diesem Zeitpunkt kann das („nicht-säkulare“) Tochternuklid maximal 30 % der Aktivität des Mutternuklids erreichen. Einen merklichen Dosisbeitrag liefern deshalb nur Tochternuklide mit deutlich größerer ODL als das Mutternuklid. In der

Nuklidliste laut Tabelle A EU-Grundnormen kommt jedoch kein Mutternuklid vor, dessen Tochternuklid diese Bedingung erfüllt.

Für das Szenarium des Arbeiters auf einer Deponie ist deshalb (außer für die säkularen Tochternuklide) eine Berücksichtigung der Dosisbeiträge durch nachgebildete Tochternuklide nicht erforderlich.

### Ingestionsdosen über den „Brunnenpfad“

Zur Abschätzung der potentiellen Ingestionsdosis der Bevölkerung in der Umgebung einer Deponie werden die Beiträge von Mutter- und Tochternukliden zur Ingestionsdosis für gleiche Zeiten aufsummiert, anschließend wird das Maximum der Ingestionsdosis bestimmt. Dabei ist zu beachten, daß Mutter- und Tochternuklide sehr unterschiedliche chemische und physikalische Eigenschaften aufweisen können. Die Wanderungsgeschwindigkeiten im Sickerwasser der Deponie bzw. Grundwasser können sich daher für eine bestimmte Zerfallsreihe (z. B. U-234) um Größenordnungen unterscheiden.

Zur Lösung dieses Problems wurde eine Beziehung für den Aktivitätsverlauf der Tochternuklide während des Nuklidtransports abgeleitet. Das Modell geht von einer elementspezifischen, homogenen Wanderungsgeschwindigkeit für die Radionuklide im Sickerwasser und Grundwasserleiter aus; Diffusions- und Dispersionsprozesse bleiben außer acht. Ferner wird angenommen, daß die homogen kontaminierte Deponie mit einer konstanten Wachstumsrate  $v_M$  in vertikaler Richtung während der Zeit  $t_B$  anwächst. Der potentielle Aktivitätsverlauf der n-ten Tochter einer Zerfallsreihe im Brunnenwasser wird beschrieben durch

Dabei steht  $C_0$  für die Brunnenwasseraktivität der Mutter, die sich ohne Berücksichtigung des Zerfalls ergäbe,  $\lambda_i$  bzw.  $v_i$  bezeichnet die Zerfallskonstante bzw. die Wanderungsgeschwindigkeit im Grundwasser des i-ten Tochternuklids bzw. des Mutternuklids ( $i = 0$ ). Vereinfachend wird angenommen, daß sich die Wanderungsgeschwindigkeiten im Grundwasser und im Sickerwasser um den Faktor  $\alpha$  unter-

$$C_{Br,n}(t) = C_0 \lambda_1 \cdots \lambda_n \int_0^t dt_n \cdots \int_0^{t_2} dt_1 \exp \left\{ - \sum_{i=0}^n \lambda_i (t_{i+1} - t_i) \right\} g(t, t_0, \dots, t_n)$$

$$\text{mit } t_0 = \frac{\sum_{i=1}^n v_i (t_{i+1} - t_i) + v_0 t_1 - S_B}{\alpha \cdot v_M + v_0}, \quad t_{n+1} = t, \quad g(t, t_0, \dots, t_n) = \begin{cases} 1, & \text{falls } 0 \leq t_0 \leq \min(t_1, t_B) \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

scheiden. Der Abstand zwischen Deponie und Brunnen sei  $S_B$ .

Falls Mutter- und Tochternuklide gleich schnell transportiert werden, so ist die Startzeit  $t_0$  unabhängig von den Zerfalls-

zeitpunkten  $t_i$ . Das Mehrfachintegral läßt sich mit der in der Kernphysik bekannten Rekursion für  $C_{n,i}$  analytisch lösen:

$$C_{Br,n}(t) = \sum_{i=0}^n C_{n,i} \exp(-\lambda_i t + \lambda_0 t_0), \quad t_0 = \frac{v_0 t - S_B}{\alpha \cdot v_M + v_0}$$

Eine analytische Beziehung wurde auch für die 1. Tochter abgeleitet, in anderen Fällen wird das Mehrfachintegral numerisch gelöst.

**Tabelle S-17** veranschaulicht für verschiedene Uranisotope den Einfluß der Tochternuklide auf die für die Modell-Mülldeponie abgeschätzten Dosiskonversionsfaktoren.

Dosisfaktor [Sv/a g/Bq]	U-232	U-233	U-234	U-235	U-236	U-238
säkulare Töchter	4.9	1.4	1.4	1.3	1.3	1.4
alle Tochternuklide	13.2	5.6	1.8	4.8	1.3	1.4

**Tabelle S-17**

Dosiskonversionsfaktoren für die Ingestionsdosis in der Umgebung einer Mülldeponie. Berücksichtigt sind a) Tochternuklide, die im säkularen Gleichgewicht mit der Mutter vorliegen, b) alle Tochternuklide.



**Kalibrierung der Beta-Quelle am Thermolumineszenz-Meßplatz für die Unfalldosimetrie**

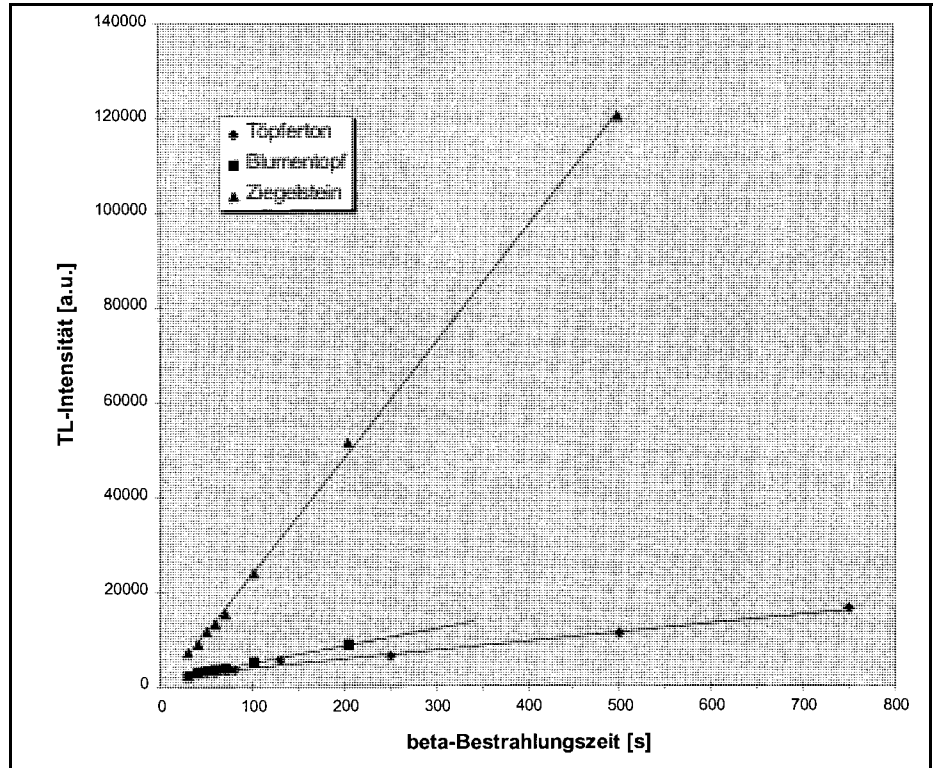
L. Heide, R. Guggenberger,  
M. Niedermayer, A. Dalheimer

In der Strahlendosimetrie ist die Messung der Thermolumineszenz (TL) ein breit angewendetes Verfahren sowohl in der routinemäßigen Personendosimetrie mit künstlichen Kristallen (TLD) als auch in der Unfalldosimetrie an Umgebungsmaterialien. Für die TL (Lichtemission beim Ausheizen nach Bestrahlung) verantwortliche Bestandteile in Umgebungsmaterialien wie Ziegelsteinen, Tontöpfen, Keramiken, Porzellan u. a. sind hauptsächlich Quarz und Feldspat. Zur Dosisabschätzung nach einem Strahlenunfall werden an repräsentativen Orten geeignete Proben gesammelt, entsprechend aufgearbeitet und gemessen.

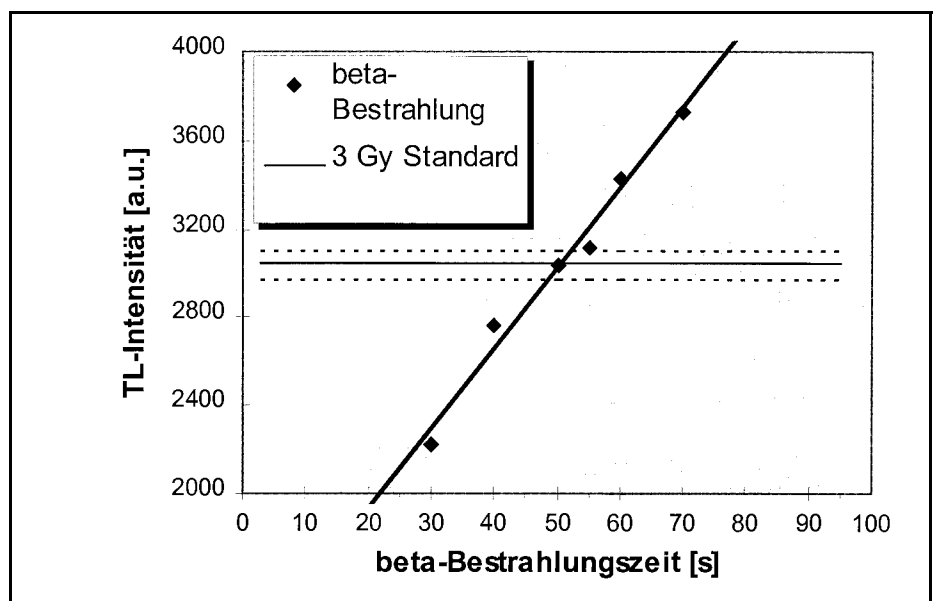
Da die TL-Intensität sowohl abhängig ist von der Strahlendosis ( $D_{TL}$ ), die sich aus der Summe der natürlichen ( $D_{nat}$ ) und der Unfalldosis ( $D_{acc}$ ) ergibt, der Zeit nach der Bestrahlung und von Material zu Material verschieden ist, sind zur Dosisabschätzung einige Parameter zu ermitteln. Zur Berechnung des natürlichen Anteils an der Strahlendosis muß das Alter (A) der Probe bekannt sein, ihr Gehalt an natürlichen Radionukliden (U, Th, K) zur Bestimmung der internen Dosisleistung ( $R_{\alpha}$  und  $R_{\beta}$ ), die Ortsdosisleistung ( $R_{\gamma}$ ) an der Stelle der Probenahme sowie der Beitrag der kosmischen Strahlung (C). Die Unfalldosis in Gray (Gy) berechnet sich dann nach der folgenden Formel:

$$D_{acc} = D_{TL} - A (R_{\alpha} + R_{\beta} + R_{\gamma} + C)$$

Nach einem Strahlenunfall liegt in der Regel kein Referenzmaterial vor, so daß zur Dosisrekonstruktion das Verfahren der Additiv Dosis Technik angewendet wird. Mit ihr kann durch zusätzliche beta-Bestrahlungen der Unfallproben im Labor auf die Unfalldosis zurückgeschlossen werden. Der relevante Dosisbereich liegt zwischen 1 – 6 Gy, da hier eine sofortige medizinische Behandlung von Unfallopfern ange-



**Abbildung S-15**  
Die TL-Intensität von gebranntem Töpfer-ton, Blumentopf und Ziegelstein als Funktion der beta-Bestrahlungszeit



**Abbildung S-16**  
Die TL-Intensität des Blumentopfs als Funktion der beta-Bestrahlungszeit im Vergleich mit der TL-Intensität nach 3 Gy Standardbestrahlung zur Bestimmung der beta-Dosisleistung

zeigt ist. Zur TL-Messung werden aus den Unfallproben sogenannte Feinkorn-Präparate (1–8 µm Korngröße) auf Edelstahlplättchen hergestellt [1].

Nach der Installation des TL-Meßplatzes war es daher zunächst Ziel der Arbeiten, die Dosisleistung der im TL-Gerät integrierten Sr-90 beta-Quelle (Amersham, SIPQ 8026) zu kalibrieren. Die Wahl eines beta-Strahlers resultiert aus Strahlenschutzgründen. Seine Ausgangsaktivität betrug 1,4 GBq.

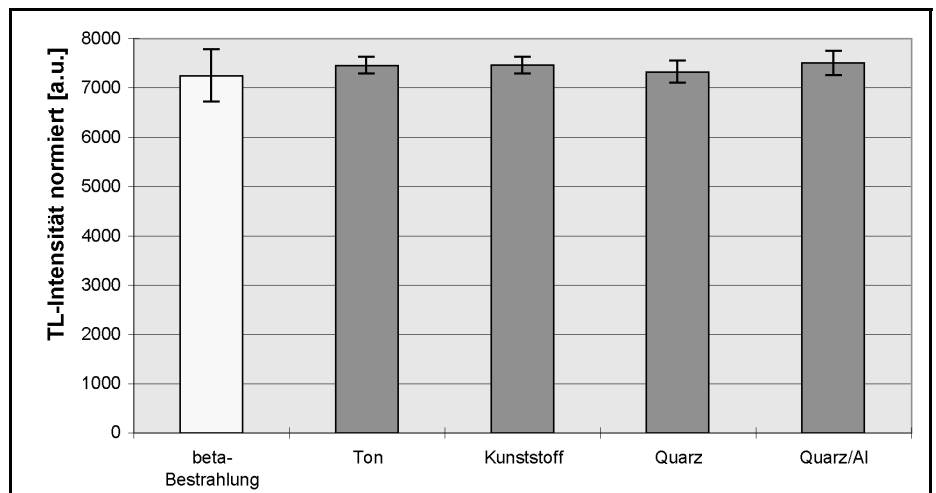
Das für die Kalibrierung verwendete Material muß entsprechend vorbehandelt (stabilisiert) und auf Homogenität und Linearität der Dosis-Wirkungskurve getestet werden [2]. Dies wurde mit drei verschiedenen pulverisierten (<45 µm) Proben aus einem Ziegelstein, einem Blumentopf und gebranntem Töpferon (**Abbildung S-15**) durchgeführt.

Für die TL-Messungen der Feinkorn-Präparate wurden folgende Parameter gewählt: Heizrate 5 °C/s; Vorheizzeit 100 s bei 150 °C; Maximaltemperatur 500 °C; Integration der TL-Intensität zwischen 150 und 450 °C. Bei Untersuchungen an reinem Quarz [2] hat sich gezeigt, daß die TL-Intensität vom 1. bis 5. Bestrahlungs- / Ausheizzyklus sukzessiv ansteigt und dann stabil ist, d. h. eine Bestrahlung mit z. B. 3 Gy liefert immer die gleiche TL-Intensität. Die verwendeten Umweltproben waren weit weniger sensibel als reiner Quarz. Die TL-Intensitäten wiesen nach den einzelnen Bestrahlungszyklen bei gleicher Strahlendosis beim Ziegel und Töpferon keinen Anstieg auf. Beim Blumentopf war die Intensität nach dem dritten Zyklus um etwa 15 % erhöht. Zum Vergleich wurde die Intensität bei reinem Quarz um einen Faktor von 8 erhöht.

Die Kalibrierung erfolgte durch Bestrahlung von jeweils 0,5 g der aus den Umweltproben hergestellten Pulvern der Korngrößen <45 µm mit 3 Gy mit dem Co-60 Sekundärstandard des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit in einem kleinen Tonkontainer. Die Einhaltung der Bragg-Gray-Bedingung zur Ausbildung des Sekundärelektronengleichgewichts sowie eine homogene Bestrahlung waren gewährleistet. Nach der Standardbestrahlung wurden die Proben der Fein-

Material	Standarddosis in Gy	Beta-Dosisleistung in mGy/s	Bestrahlungszeit für 1 Gy in s	
Töpferon	3	61,2	16	
		49,2	20	
		60,0	17	
Blumentopf	3	58,8	17	
		62,5	16	
		51,7	19	
Ziegelstein	1	53,2	19	
		3	58,8	17
			55,6	18
	52,6		19	
	10	54,3	18	
		56,5	18	
Mittelwert		56,2 ± 4,1	18 ± 1	

**Tabelle S-18**  
Beta-Dosisleistung der Sr-90-Quelle ermittelt mit verschiedenen Umweltmaterialien



**Abbildung S-17**  
Die TL-Intensität des Ziegelsteins nach Standardbestrahlung mit 3 Gy in verschiedenen Gefäßen im Vergleich zur beta-Bestrahlung im Meßgerät; Gefäßgröße Ton: Wandstärke 4 mm, Innenmaße 8 x 8 x 15 mm; Kunststoff: Wandstärke 3 mm, Durchmesser innen 6,3 mm, Höhe 25 mm; Quarz: Wandstärke 1,2 mm, Durchmesser innen 10 mm, Höhe 25 mm; Aluminiumhülle (Wandstärke 1 mm, Durchmesser innen 8 mm, Höhe 75 mm) mit eingestecktem Quarzrohr (Wandstärke 1 mm, Durchmesser innen 4 mm, Höhe 70 mm)

korn-Methode entsprechend aufbereitet und die TL-Intensität gemessen. Parallel wurden aus unbestrahltem Pulver ebenfalls Feinkorn-Präparate hergestellt und mit der beta-Quelle im TL-Gerät zeitgleich und gemessen. Die beta-Bestrahlungszeiten wurden zunächst zwischen 30 und 80 Se-

kunden gewählt, um die für die Dosis von 3 Gy notwendige Bestrahlungszeit zu bestimmen (**Abbildung S-16**). Über den Vergleich der TL-Intensitäten kann die Dosisleistung der beta-Quelle berechnet werden. Es wurden jeweils drei Standardbestrahlungen durchgeführt. Von dem Ziegelsteinpulver wurden zusätzliche Kalibrie-

rungen mit 1 und 10 Gy gemacht. Die Ergebnisse sind in der **Tabelle S-18** zusammengefaßt. Es zeigte sich, daß unabhängig vom Material für die Bestrahlung von Feinkorn-Präparaten mit 3 Gy eine Zeit von 56 Sekunden benötigt wird.

Eine weitere Untersuchung war, festzustellen, ob die Verwendung verschiedener Bestrahlungsgefäße aufgrund unterschiedlicher Materialdichte und Wandstärke Einfluß auf die TL-Intensität hat. Hierzu wurde Ziegelsteinpulver (<45 µm) jeweils in Gefäßen aus Ton, Kunststoff, Quarzglas bzw. Quarzglas mit Aluminiumhülle mit 3 Gy der Sekundärstandardquelle bestrahlt, Feinkorn-Präparate hergestellt und gemessen. In **Abbildung S-17** sind die Gefäßgrößen und die Ergebnisse aufgeführt.

Ein Vergleich der TL-Intensitäten des in den verschiedenen Gefäßen bestrahlten Ziegelsteinpulvers und der direkt beta-bestrahlten Feinkorn-Plättchen ergab keine signifikanten Unterschiede. Für die Standardbestrahlungen heißt dies, daß unter den genannten Bedingungen eine Bestrahlung mit 3 Gy zu der gleichen TL-Intensität führt. Für die Dosisabschätzung nach Strahlenunfällen hat dies den Vorteil, daß nicht für jedes einzelne Umgebungsmaterial eine entsprechende Kalibrierung mit der Standardquelle durchgeführt werden muß. Zu beachten ist, daß die bestimmte beta-Bestrahlungszeit nur für Feinkorn-Präparate der Korngröße 1–8 µm gilt. Sollen nachträgliche Dosisabschätzungen an größeren Körnern erfolgen, ist für die jeweilige Korngrößenfrakti-

on (z. B. 90–125 µm, 200–250 µm) eine separate Kalibrierung durchzuführen, da sich die Bestrahlungsgeometrie und somit die Dosisleistung der beta-Quelle ändert.

- [1] *Zimmermann, D.W.*  
Thermoluminescent dating using fine grains from pottery.  
*Archaeometry* 13 (1971), p. 29
- [2] *Göksu, H.Y.; Bailiff, I.K.; Botter-Jensen, L.; Brodski, L.; Hütt, G.; Stoneham, D.*  
Interlaboratory beta source calibration using TL and OSL on natural quartz.  
*Radiation Measurements* 24 (1995) p. 479

**Entwicklung eines technischen Verfahrens zur Bereitstellung von REI-Daten in IMIS**

L. Hornung-Lauxmann,  
S. Sammet, U. Taphorn

Im Rahmen der Umsetzung der Beschlüsse der Umweltministerkonferenz vom Mai 1993 zur Harmonisierung der Störfall-Meßprogramme nach der Richtlinie für die Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) und der Intensivmeßprogramme nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) wurde ein technisches Verfahren entwickelt, das es gestattet, REI-Immissionsdaten dv-unterstützt zu erfassen, auszuwerten und bundesweit über IMIS (Integriertes Meß- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität) auszutauschen. Die Zusammenführung von REI- mit IMIS-Daten ermöglicht die Erstellung einer einheitlichen Lagebeurteilung, die bei einem kerntechnischen Notfall erforderlich ist.

Im Konzept wurden vorhandene bzw. nicht vorhandene Zugangsmöglichkeiten zu IMIS bei unabhängigen REI-Meßstellen, Aufsichtsbehörden, Betreibern kerntechnischer Anlagen und Hochschulinstitutionen berücksichtigt.

Als Grundlage der informationstechnischen Erfassung und Verwaltung von Meßergebnissen aus der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen wurden IMIS-konforme Codierungsvorschriften für REI-Daten, kerntechnische Anlagen und für Meßpunkte bzw. Probenentnahmeorte in deren Umgebung festgelegt und zusammen mit weiteren REI-relevanten Stammdaten in IMIS implementiert.

Die Integration von REI-Immissionsdaten wird auf zwei Wegen vollzogen:

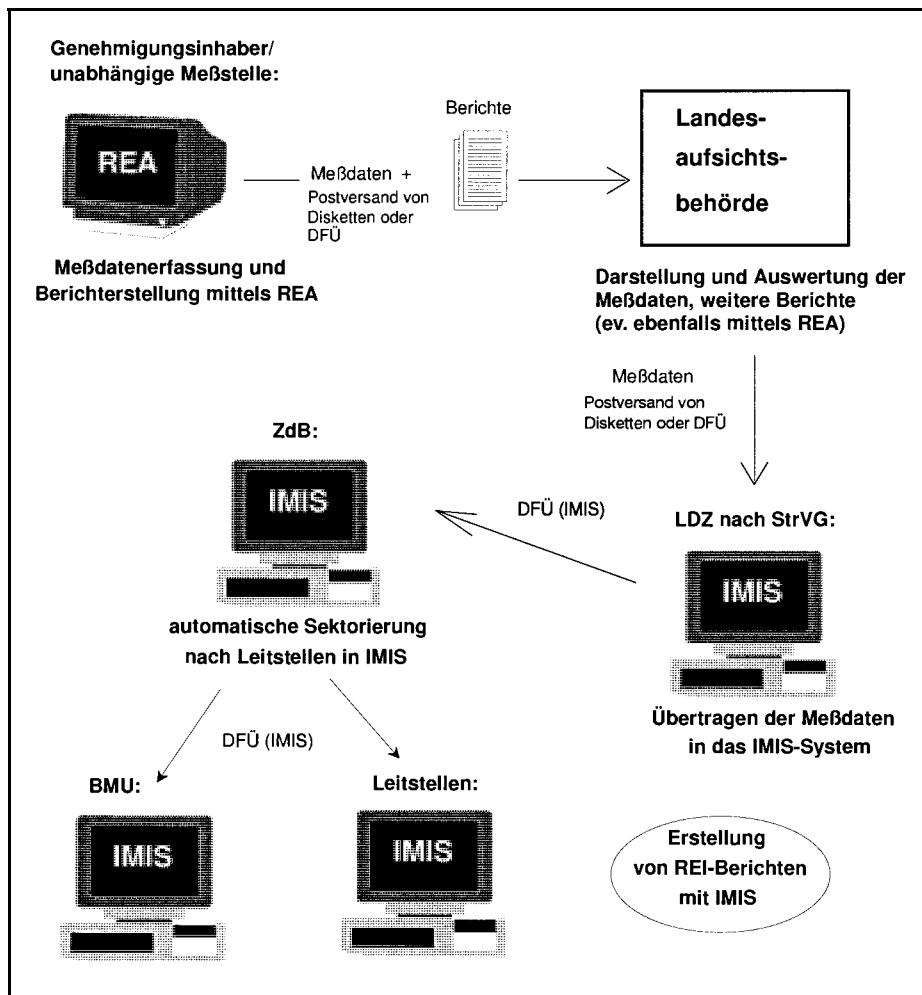
1. Für Bedarfsträger mit IMIS-Zugang – beispielsweise Meßstellen, die Überwachungsaufgaben sowohl nach REI als auch nach StrVG durchführen – besteht ab 1998 die Möglichkeit, für die Erfassung und Auswertung von REI-Immissionsdaten IMIS zu verwenden. Um IMIS für die Erfassung und Übermittlung von REI-Daten zu öffnen, wurden diesbezügliche Anfor-

derungen an die IMIS-Anwendersoftware formuliert und von der Software-Herstellerfirma umgesetzt. Danach wurde die Erfassung von REI-Daten in einer Landesmeßstelle und ihre Übertragung in IMIS bis zu den Leitstellen und dem BMU mit Unterstützung der Fachgebiete S 4.7 und S 4.9 erfolgreich getestet, so daß das neue Update der IMIS-Anwendersoftware noch 1997 auf alle IMIS-Knoten eingespielt werden kann. Darüber hinaus wurde in IMIS die Funktionalität der automatischen REI-konformen Erstellung von Quartals- und Jahresberichten bereitgestellt. **Abbildung S-18** zeigt den Auszug eines REI-Berichtes, der mit dem Software-Tool ORACLE-Reports-2.0 erstellt wurde und Testdatensätze mit o. g. IMIS-konformen Codierungsvorschriften für REI-Daten enthält.

Unabhängige amtliche Meßstellen und Aufsichtsbehörden der Länder ohne IMIS-Zugriff sowie Genehmigungsinhabern und Hochschulen wird empfohlen, zur IMIS-kompatiblen Erfassung von REI-Daten und zur automatischen REI-Berichterstellung das ursprünglich im Auftrag des bayerischen Landesamtes für Umweltschutz entwickelte PC-Programmsystem

Überwachte Anlage/Tätigkeit: Versuchs-AKW Kahl a.M.						
Meßinstitution : Siemens AG, UB KWU						
Meßergebnisse aus der Überwachung im bestimmungsgemäßen Betrieb						
Probe-entnahme-/Meßort	Meßpunkt-Nr./Lagebeschreibung	Probe-entnahme Beginn - Ende	Nuklid	Meßwert/erzielte NWG	Meßunsicherheit	Bemerkungen
REI-Prg.-Pkt. :	A1:3.0					
Überwacher Umweltbereich :	Weideboden					
Meßmethode / Meßgröße :	Gamma-Spektrometrie					
Peiting, Markt	200 Mittelzone (01)	24.04.80 -	K 40	4.75E+02 Bq/kg(TM)	10%	Boden einer Weide fuer Milchvieh
			Co 60	< 5.51E-01 Bq/kg(TM)		
			Cs 134	< 4.46E-01 Bq/kg(TM)		
			Cs 137	8.09E+00 Bq/kg(TM)	24%	
		10.10.80 -	K 40	4.55E+03 Bq/kg(TM)		78% Weideboden (Milchvieh)
			Co 60	< 6.61E-03 Bq/kg(TM)		
			Cs 134	< 3.42E-02 Bq/kg(TM)		
			Cs 137	< 3.59E-02 Bq/kg(TM)		
Peißenberg, Markt	201 Zentralzone	01.05.80 -	K 40	7.16E+02 Bq/kg(TM)	4.8%	Wiese im Bereich der ungunstigen Einwirkungsstelle
			Co 60	< 2.70E-02 Bq/kg(TM)		
			Cs 134	< 1.37E-02 Bq/kg(TM)		
			Cs 137	8.01E+00 Bq/kg(TM)	6.8%	
		25.09.80 -	K 40	6.28E+02 Bq/kg(TM)	7%	Brachland im Bereich der ungunstigen Einwirkungsstelle
			Co 60	< 9.92E-03 Bq/kg(TM)		
			Cs 134	< 5.18E-01 Bq/kg(TM)		
			Cs 137	6.30E+01 Bq/kg(TM)	34%	

Abbildung S-18  
Jahresbericht des Genehmigungsinhabers (Testdaten)



**Abbildung S-19**  
Mögliche Übermittlungswege von Meßdaten aus der Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen ausgehend vom Erfassungs- und Auswertesystem REA

REA (Radioaktivitätsmeßdaten-Erfassungs- und Auswertesystem) einzusetzen.

Im Mai 1997 fand eine Informationsveranstaltung zur Datenerfassung und -auswertung mittels PC-Programmsystem REA im BfS-ISH in Neuherberg statt. Die Teilnehmer kamen aus dem Bereich der Aufsichtsbehörden, unabhängigen Meßstellen und der Genehmigungsinhaber. Es wurden alle wesentlichen Funktionalitäten der derzeit in Bayern eingesetzten Version von REA wie Proben anlegen, Meßprogramme erstellen, Meßdaten erfassen, Stammdaten anlegen und pflegen, REI-Berichte erstellen sowie Daten ex- und importieren vorgeführt. Darüber hinaus wurden die Erfahrungen, die die Teilnehmer

mit der Demo-Version von REA in den vorangegangenen zwei Monaten gemacht haben, ausgetauscht und Änderungswünsche entgegengenommen.

Nach dieser Informationsveranstaltung wurde ein Anforderungskatalog über die im Hinblick auf die Herstellung der vollen IMIS-Kompatibilität und eine dem Stand der Technik entsprechende Benutzerführung von REA erstellt und die Weiterentwicklung für einen bundesweiten Einsatz im Rahmen eines BMU-Forschungsvorhabens beauftragt. Das Projekt ist in 2 Phasen unterteilt und soll Ende 1998 abgeschlossen werden. Dabei sollen in der 2. Phase auch die Erfahrungen der Nutzer im Umgang mit dem Bundes-REA der Phase

1, die im April 1998 ausgeliefert werden soll, berücksichtigt werden.

Es ist geplant, die mit REA erfaßten REI-Daten auf der Ebene der Landesdatenzentralen (LDZ) nach StrVG in IMIS einzuspeisen. Jedes Land muß dabei dafür sorgen, daß REI-Daten erst nach deren Prüfung durch die Landes-Aufsichtsbehörde über IMIS zu ZdB, BMU und Leitstellen weiter transportiert werden. In **Abbildung S-19** sind mögliche Übermittlungswege von mit REA erfaßten Meßdaten dargestellt.

Die Pflege und Aktualisierung von Stammdaten, die sowohl für REA als auch für IMIS von Bedeutung sind, erfordert zukünftig eine enge Zusammenarbeit zwischen den Aufsichts-Behörden und den Landesdatenzentralen nach StrVG sowie der ZdB.

### Gliederung von Umweltmedien und synoptische Plausibilitätsprüfungen im migrierten IMIS

L. Hornung-Lauxmann, S. Sammet

Zur fachlichen Begleitung der Migration von IMIS im § 3-Bereich wurden unter der Federführung des Fachgebiets S 4.2 und der Beteiligung von Vertretern aus Länderbehörden und Leitstellen u. a. zwei Arbeitskreise mit dem Auftrag eingerichtet, Vorschläge zur Neugliederung der Umweltbereiche sowie zu synoptischen Plausibilitätsprüfungen im migrierten IMIS zu erarbeiten. Bei der Erstellung diesbezüglicher Konzepte wurden insbesondere die von den Nutzern bisher mit IMIS-IT gemachten Erfahrungen und die daraus abgeleiteten Anforderungen berücksichtigt. Nachfolgend werden die dabei zugrundegelegten Grundsätze skizziert.

#### Grundsätze bei der Neugliederung von Umweltmedien im migrierten IMIS

- In die Gliederung für Umweltmedien wurden insbesondere solche Umweltbereiche bzw. Umweltbereichsgruppen einbezogen, die nach den IMIS- und REI-Meßprogrammen für den Normal- und den Intensivbetrieb zu über-

wachen sind. Darüber hinaus wurden auch Umweltbereiche nach § 7 StrVG für verarbeitete Nahrungsmittel, Tabakerzeugnisse und Arzneimittel aufgenommen, die bei der Überwachung zur Einhaltung von Grenzwerten von Bedeutung sein können.

- Die Zusammenfassung einzelner, in IMIS-IT durch Deskriptoren der bundeseinheitlichen Deskriptorenliste BEDL beschriebener Umweltmedien zu Obergruppen mit vergleichbarem radioökologischem Verhalten wurde weiterhin für sinnvoll erachtet. Zur Auswertung der radiologischen Lage lassen sich damit grafische bzw. tabellarische Darstellungen über Kontaminationen in dosisrelevanten, vordefinierten Mediengruppen schnell und übersichtlich anfertigen.
- Zur Strukturierung der zahlreichen Umweltmedien, die sowohl dem o. g. fachlichen Aspekt als auch einer bedienerfreundlichen Selektion in IMIS dienen soll, wurde für Umweltmedien eine Gliederung in Obergruppen, Umweltbereichsgruppen und Umweltbereiche vorgeschlagen. Den einzelnen Umweltbereichen liegen wie bisher zugehörige Deskriptoren (Einzelmedien) zugrunde. Bei der Selektion werden diese hierarchischen Ebenen menügeführt aufgerufen.
- Sowohl für vordefinierte Umweltbereiche (UB) als auch für einzelne übergeordnete Umweltbereichsgruppen sind Standarddarstellungen mit fester Maßeinheit vorgesehen.

Nachfolgend wird die Gliederung der Umweltmedien beispielhaft für den Nahrungsmittelbereich dargestellt. In der **Tabelle S-19** sind dabei Standarddarstellungen von UB-Gruppen in der ersten Spalte mit einem „x“ und die zur Standarddarstellung beitragenden UB mit einem „+“ gekennzeichnet:

**Obergruppen der zu überwachenden Umweltmedien:**

- N: Nahrungsmittel (einschl. Trinkwasser)
- F: Futtermittel

	UB-Gruppe/UB	Code	Deskriptoren
<b>x</b>	<b>N1 Milch</b>		
+	N1.1 Sammelmilch (Kuh-)	N11	01 01 01 01
+	N1.2 Hofmilch (Kuh-)	N12	01 01 01 02,05
+	N1.3 bearbeitete Trinkmilch (Kuh-)	N13	01 01 02\01...12
+	N1.4 Milch anderer Tiere (Schaf, Ziege, Stute)	N14	01 01 03\01,04,05
	N1.5 Humanmilch	N15	01 01 04\01...03
<b>x</b>	<b>N2 Frischgemüse</b>		
+	N2.1 Blattgemüse, ungeschützter Anbau	N21	01 25 01; zusätzl. S8 = 02
+	N2.2 Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	N22	01 25 04; zusätzl. S8 = 02
+	N2.3 Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	N23	01 25 03; zusätzl. S8 = 02
+	N2.4 Sproßgemüse, ungeschützter Anbau	N24	01 25 02; zusätzl. S8 = 02
+	N2.5 Kartoffeln	N25	01 24 01
	N2.6 Blattgemüse, geschützter Anbau	N26	01 25 01; zusätzl. S8 = 03..06
	N2.7 Wurzelgemüse, geschützter Anbau	N27	01 25 04; zusätzl. S8 = 03..06
	N2.8 Fruchtgemüse, geschützter Anbau	N28	01 25 03; zusätzl. S8 = 03..06
	N2.9 Sproßgemüse, geschützter Anbau	N29	01 25 02; zusätzl. S8 = 03..06
	N2.A Wildpilze	N2A	01 27\02...09
	N2.B Kulturpilze	N2B	01 27 01\01...06
<b>x</b>	<b>N5 Fleisch</b>		
+	N5.1 Rindfleisch	N51	01 06\01...07
+	N5.2 Kalbfleisch	N52	01 06\08...14
+	N5.3 Schweinefleisch	N53	01 06\15...21
+	N5.4 Geflügelfleisch	N54	01 06\35...39
+	N5.5 Lammfleisch	N55	01 06\22...25
	N5.6 Haarwildfleisch	N56	01 06\40,41

**Tabelle S-19**  
Umweltbereiche und zugehörige Deskriptoren von Milch, Frischgemüse und Fleisch

- I: Bio-Indikatoren, Tabak und Arzneimittel
- B: Boden
- G: Gewässer
- A: Abwasser und Abfälle
- L: Luft und Niederschlag
- Z: Sonstige Mediengruppen

- N5 Fleisch
- N6 Fisch und Meeresfrüchte
- N7 Trinkwasser
- N8 Gesamtnahrung, Fertiggerichte und Getränke
- N9 Nahrungsmittelprodukte
- NZ Sonstige Nahrungsmittel

**Umweltbereichsgruppen Nahrungsmittel**

- N1 Milch
- N2 Frischgemüse (einschl. Kartoffeln und Pilze)
- N3 Getreide
- N4 Obst

**Grundsätze der synoptischen Plausibilitätsprüfungen von Länderproben im migrierten IMIS:**

- Die synoptischen Plausibilitätsprüfungen durch Leitstellen (LSt) im Routine- und im Intensivbetrieb sollen zukünftig dialoggeführt und unter Einsatz geeig-

nerer Werkzeuge zur Visualisierung durchgeführt werden.

- Die Beibehaltung des 4-Augen-Prinzips bei der Daten-Plausibilisierung durch Landesmeßstellen (LMSt) und LSt legt nahe, die LMSt mit den gleichen Visualisierungswerkzeugen auszurüsten wie die Lst. Da bei landesinternen Proben die Landesdatenzentralen (LDZ) die Prüffunktion der LSt übernehmen sollen, sollten die LDZ ebenfalls mit entsprechenden Visualisierungswerkzeugen ausgestattet werden.
- Zur synoptischen Plausibilitätsprüfung im Ereignisfall sollen die LSt Vergleichsdaten sowohl aus Bundesmeßnetzen in Form vorgefertigter Dokumente als auch aus beliebigen § 3-Bereichen abrufen können. Außerdem sollen von der ZdB erstellte PARK-Dokumente über Kontaminationsprognosen in den Umweltbereichen Milch und Blattgemüse bereitgestellt werden.
- Zur Plausibilitätsprüfung auf Landesebene sollen die LMSt zukünftig Vergleichsdaten aus § 3-Bereichen abrufen können. Allerdings soll sich der Zugang von LMSt zu § 3-Daten anderer LMSt auf das eigene Land beschränken. Darüber hinaus sollen die LMSt und LSt bzw. LDZ bei der Prüfung von Proben typische Werte bzw. Wertebereiche für K-40-Gehalte in Proben der Umweltbereiche Milch, Blattgemüse und Weide- und Wiesenbewuchs (= Indikatormedien, die in der 1. Phase eines Intensivbetriebes vorrangig zu überwachen sind) aus Tabellen (Dokumenten) in IMIS entnehmen können.
- Zur Überprüfung des Radionuklidverhältnisses Cs-137/Cs-134 in einem Ereignisfall sollten Tabellen (Dokumente) mit den entsprechenden Meßergebnissen der Boden-in-situ-Messungen bei LSt bzw. LDZ und LMSt vorliegen.
- Zur Verbesserung der Datenqualität insbesondere im Hinblick auf die Einhaltung der Anforderungen an die Berichterstattung gemäß AWW-IMIS sollen § 3-Daten bereits bei ihrer Erfassung in IMIS auf der Ebene der LMSt vom System formal überprüft und ggf. zurückgewiesen werden.

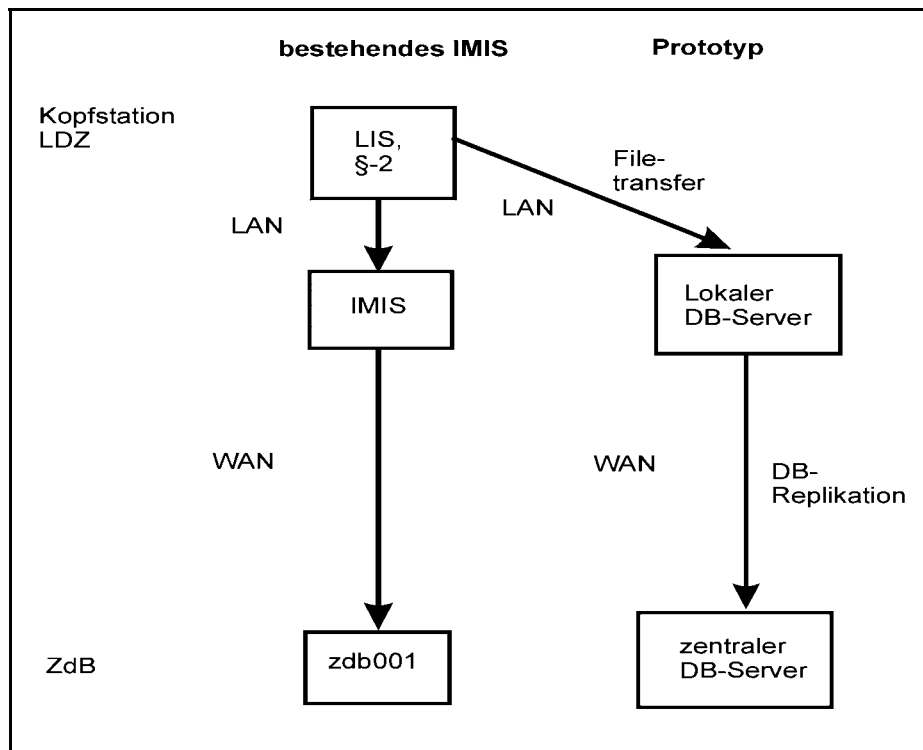


Abbildung S-20  
Einbindung des Prototypen Phase 2 in den IMIS-Datenfluß

### Die Migration von IMIS unter IT-technischen Gesichtspunkten

H. Leeb, G. Agthe, P. Bieringer, R. Buzin, U. Dahn, B. Daschner, D. Helms, E. Höller, K. Jung, J. Lieser, M. Stanko, U. Taphorn, W. Weiss, U. Wiechmann

Die Notwendigkeit für eine Umstellung des integrierten Meß- und Informationssystems zur Überwachung der Umweltradioaktivität IMIS auf eine aktuelle Systemplattform ergibt sich einerseits aus der Tatsache, daß auf der jetzigen Plattform eine Weiterentwicklung nicht mehr möglich und der derzeitige Stand daher eingefroren ist. Andererseits werden die Kosten für die Wartung in absehbarer Zeit wegen des Alters der Geräte erheblich zunehmen. Außerdem ergibt sich mit der Migration die Möglichkeit einer funktionalen Erweiterung, z. B. um die Integration von REI-Daten, und der Beseitigung von

Schwachstellen, z. B. bei der Performance und der Benutzungsoberfläche.

Das migrierte IMIS wird gekennzeichnet sein durch eine Klient-Server-Architektur. Zentrale Aufgaben wie die Datenverwaltung, Dokumentenerzeugung oder PARK werden auf Servern angeboten, während als Arbeitsplatz für die IMIS-Nutzer normale PCs zum Einsatz kommen. Voraussetzung für eine solche Struktur ist der Einsatz eines schnellen Kommunikationsdienstes, um in ausreichender Geschwindigkeit auf die Server zugreifen zu können.

Die Migration befindet sich derzeit in der Planungsphase. Bei diesen Arbeiten sind die Bundesländer über den Bund-Länderarbeitskreis „Integriertes Meßsystem“ eingebunden. Darüber hinaus begleitet ein Gutachtergremium beim BMU die IT-technische Planung.

Nach dem derzeitigen Stand der Überlegungen wird das neue IMIS folgende Struktur aufweisen (ohne Backupsysteme):

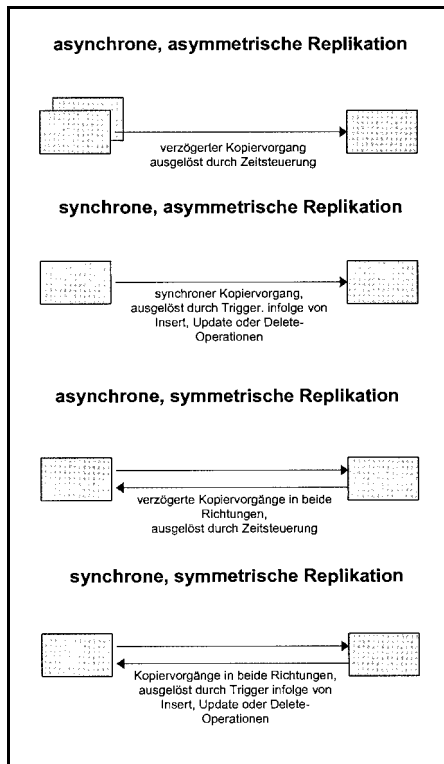


Abbildung S-21  
Replikationsregeln

Server-Typ	IMIS-Knoten
Datenbank	ZdB, BMU, IAR, DWD, BfG, Landesdatenzentralen
Stammdaten	ZdB
(evtl.)	
PARK-Server	ZdB
Intranet	ZdB, Landesdatenzentralen

Darüber hinaus wird es zwei Typen von Klienten geben:

Typ A ermöglicht die Darstellung von Dokumenten mittels Browserfunktionalität. Typ B bietet zusätzlich die Funktionen lesender Zugriff auf Datenbankserver, Visualisierung von Daten und Erzeugung von Dokumenten, Auswerteprogramme für spezifische Fragestellungen, wie Abrechnung, Plausibilitätsprüfung, § 3-Datenerfassung und Dokumentenbereitstellung.

Als Kommunikationsdienst kommt dabei ISDN oder das Wissenschaftsnetz in Betracht.

Zur Unterstützung der Planungsarbeiten wurde ein Prototyp aufgebaut, dessen erste Ausbaustufe aus einem Datenbankserver bei der ZdB und 4 Klienten beim BMU, ZdB-München, ZdB-Berlin und IAR besteht. Als Hardware des Servers wird ein Rechner der  $\alpha$ -Familie der Fa. Digital Equipment GmbH eingesetzt, Betriebssystem des Servers ist UNIX, bei den Klienten Windows NT. Das Datenbanksystem ORACLE und die derzeitige Datenbankstruktur wurden beibehalten. Es konnten auf diese Weise die Telekommunikation über ISDN und die Verwendbarkeit des Visualisierungstools ARCView getestet werden. Die Erzeugung einiger wichtiger IMIS-Darstellungen wurde durch die Erstellung entsprechender Software ermöglicht. Der Prototyp Stufe 1 wurde bereits im Jahre 1996 aufgebaut. Die Tests erfolgten bis Mitte 1997. Die wesentlichen Ergebnisse waren:

- Die Datenbankzugriffe sind ca. 11,5 mal schneller als beim bisherigen IMIS.
- Die Bereitstellung der ODL-Daten eines Tages von allen Meßstellen dauert ca. 2 Sekunden.
- Die Aufbereitung einer Darstellung auf einem Klienten dauert ca. 20 Sekunden.
- Die Übertragung eines Datensatzes über ISDN dauert bis zu 20 Sekunden.
- Die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems ist durch die Belastung des Servers bestimmt.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß sich aus dem Prototypentest der Stufe 1 keine Argumente gegen die gewählte Klient-Server-Architektur ergeben haben.

Seit Mitte des Jahres ist eine zweite Stufe des Prototyps in Betrieb. Diese ist gekennzeichnet durch die Hinzunahme eines zweiten Datenbankservers beim IAR. Damit kann ein Datenfluß unter realistischen Bedingungen am Beispiel ODL getestet werden. **Abbildung S-20** gibt einen Überblick über Konfiguration und Datenfluß des Prototypen Stufe 2.

Konkret werden damit derzeit die verschiedenen Replikationsverfahren, die das beizubehaltende Datenbanksystem ORACLE anbietet, auf ihre Verwendbarkeit für IMIS, insbesondere im Hinblick auf das

Zeitverhalten, getestet. **Abbildung S-21** zeigt eine schematische Darstellung der verschiedenen Replikationsverfahren.

Erste Test ergaben am Beispiel der asynchronen, asymmetrischen Replikation eine Zeitdauer für einen Tagessatz der ODL-Daten von 6–8 Minuten. Weitere Replikationsverfahren werden derzeit näher betrachtet.

Außerdem wird in dieser Phase die Erzeugung von PARK-Darstellungen mit ARCView näher untersucht.

Ergänzend zu den Arbeiten mit dem Prototyp wurde von dem Gutachtergremium eine Studie zur Erprobung neuer Datenbanktechnologien in IMIS auf unterschiedlichen Systemplattformen erstellt, deren wichtigste Ergebnisse wie folgt zusammengefaßt werden können:

- Die Entscheidung, die ORACLE-Datenbank beizubehalten, ist richtig.
- Als Folge des Einsatzes von Replikationstechniken ergibt sich aus heutiger Sicht die Notwendigkeit eines Redesigns der Datenbankstruktur.
- Als ORACLE-Datenbank-Server können Maschinen verschiedener Hersteller unter verschiedenen Betriebssystemen interoperabel eingesetzt werden. Damit ergibt sich für die Ausschreibung eine Unabhängigkeit von bestimmten Hardware-Herstellern.
- Das neue Konzept erlaubt es, Klienten und Server unabhängig voneinander zu entwickeln.
- Windows NT ist als Betriebssystem für die Datenbankbindung des Klienten besser geeignet als Windows 95.
- Bezogen auf die Anforderungen an die ORACLE-Datenbank kann auch auf Serverseite Windows NT als Betriebssystem eingesetzt werden.

Mit dem Abschluß der Arbeiten mit dem Prototyp ist im Frühjahr nächsten Jahres zu rechnen. Es ist vorgesehen, auf Basis der erstellten Fachlichen Feinkonzepte und einer detaillierten Beschreibung der IT-Struktur ca. Mitte nächsten Jahres eine Ausschreibung für die Realisierung des neuen IMIS durchzuführen. Mit der Inbetriebnahme ist aus heutiger Sicht im Jahre 2000 zu rechnen.



**Allgemeiner Daten- und Informationsaustausch im IMIS**

D. Helms, G. Agthe, B. Daschner

In Zusammenarbeit mit S 4.5 erfolgte die Installation und Einführung des neuen Dokumentensystems mit dem Mosaic-Browser, dem Grafiktool XV und der Textgestaltungssprache Hypertext Markup Language (HTML) im IMIS-IT-System, so daß nunmehr ein Dokumentenaustausch zwischen allen Rechnern des IMIS-IT-Systems möglich ist.

Im Zuge der internationalen Erweiterung des IMIS-Netzes erfolgte die Übergabe mit der Erklärung der Betriebsbereitschaft des polnischen IMIS-IT-Systems an das CLOR (Central Laboratory for Radiological Protection) in Warschau Polen. Wegen technischer Schwierigkeiten konnte die polnische Seite die X.25-Schnittstelle und die Funktionen zur Erfassung von ODL- und Luftdaten nicht realisieren. Darauf hin wurden auf dem polnischen IRIS-System von der ZdB erstellte Funktionen zur Erfassung von ODL- und Luftdaten und das neue Dokumentensystem installiert und getestet. Für die Dokumentenübertragung wurde ein Datenübertragungsweg (ftp) zwischen dem IRIS-System und einem CLOR-PC, sowie ein Datenübertragungsweg zwischen zwei CLOR-PCs für die e-mail realisiert und getestet. Zwei Mitarbeiter des CLOR wurden in die neuen Funktionen und Standardtools eingearbeitet. Der Austausch von Dokumenten über e-mail zwischen Deutschland und Polen ist nunmehr möglich. Informell wurde vereinbart, im Turnus von zwei Wochen regelmäßig Dokumente mit den Darstellungen der Luftdaten und ODL-Daten per e-mail auszutauschen.

Desweiteren erfolgte die Wiedereinbindung des slowakischen IMIS-IT-System vom SHMU (Slovak Hydrometeorological Institute) in Bratislava in das deutsche IMIS-IT-System.

Das im Jahre 1993 an die Slowakei gelieferte IRIS-System zur Erfassung von ODL-Daten und für den Dokumentenaustausch konnte seit 1996 eine Verbindung zum deutschen IMIS-IT-System wegen techni-

scher Schwierigkeiten nicht mehr aufrecht erhalten, so daß der bis dahin sporadisch erfolgte Dokumentenaustausch ganz zum Erliegen kam. Die auf dem slowakischen IRIS-IT-System installierte Software (Stand 1993) zur Erstellung von Dokumenten entsprach nicht mehr dem internationalen IMIS-Standard, wie er auch im aktuellen IMIS verwendet wird. Ein Einbinden des IRIS-Systems in das IMIS-IT-System und ein Austausch von Dokumenten war auf dieser technischen Basis nicht mehr möglich. Um eine Dokumentenübertragung nach Deutschland auf technischer Ebene wieder aufzubauen, wurde durch die ZdB die X.25-Schnittstelle wieder aktiviert und das neue Dokumentensystem in das slowakische IMIS-IT-System eingebunden.

Dazu wurde das neue Dokumentensystem mit den Standardtools Mosaic, XHTML und XV und der im Rahmen von TCP/IP verfügbare Netzwerkdienst „ftp“ auf dem Server (DEC-Station 5000-133) installiert. Für die Inbetriebnahme des Dokumentensystem wurde die im Rahmen des IRIS-Projekts von deutscher Seite bereitgestellte DECstation 5000-240 verwendet, auf der alle erforderlichen Systemressourcen für das neue Dokumentensystem installiert waren. Über remote-Zugriff erfolgte die Aktivierung der IRIS-Anwendersoftware und der Standards Mosaic, XV und XHTML, so daß eine Erstellung von Dokumenten möglich ist. Ein Mitarbeiter des SHMU wurde in die neuen Funktionen und Standardtools eingearbeitet. Der Austausch von Dokumenten über „ftp“ zwischen Deutschland und der Slowakei ist nunmehr möglich. Informell wurde vereinbart, im Turnus von zwei Wochen regelmäßig Dokumente mit den Darstellungen der ODL-Daten per „ftp“ auszutauschen.

**IMIS-Schulungen**

D. Helms, E. Höller, U. Wiechmann, H. Kett, G. Agthe

Entsprechend dem Schulungskonzept folgende Kurse

- 3 ULTRIX-Grundkurse
- 3 ORACLE-Grundkurse

- 2 IMIS-Systemverwalter/Systembenutzer-Kurse
- 6 IMIS-Anwenderkurse
- 4 IMIS-Workshops für Fortgeschrittene
- 3 Mosaic, XV und HTML
- 3 Radiologen-IMIS-Kurse
- 1 IT-Sicherheit-Kurs

für die im IMIS-IT-System eingebundenen IMIS-Nutzer durchgeführt, damit der sichere Betrieb des IMIS-Systems auf Dauer gewährleistet bleibt und die Voraussetzungen für einen eigenverantwortlichen Umgang mit dem existierenden System weiterhin gegeben ist.

Einen Überblick über die bisher durchgeführten Schulungsmaßnahmen und über die Anzahl der daran teilgenommenen IMIS-Nutzer ergibt die Übersichtsdarstellung „Schulungen“ (**Abbildung S-22**).

Für ihre Aufgabe als Betreuerin des russischen IMIS-IT-Systems wurde eine Mitarbeiterin des State Committee of the Russian Federation for Environmental Protection von der ZdB in der Zeit von sechs Wochen in ULTRIX, ORACLE und IMIS-Anwendersoftware ausgebildet.

Als schulungsbegleitende Maßnahme ist die IMIS-Benutzergruppe als ständige Einrichtung gemäß AVV zum StrVG festgeschrieben. Die IMIS-Benutzergruppe tagt ca. 2 mal im Jahr. Teilnehmer sind je Themenstellung die Systemverwalter oder Strahlenschutzfachleute von Bund und Ländern.

In der IMIS-Benutzergruppe werden folgende Themenbereiche behandelt:

- gegenseitiger Informations- und Erfahrungsaustausch
- die Vermittlung von Kenntnissen zum Anwenden vom IMIS einschließlich der Klärung von Bedienfehlern
- Informationen über die technische Entwicklung und die damit für das IMIS-System verbundenen Möglichkeiten.

1997 wurde eine 2-tägige Tagung der IMIS-Benutzergruppe im Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (MURL) in Düsseldorf durchgeführt.

**Datenbankverwaltung**

U. Wiechmann

Die Datenbankadministration ist für den sicheren Betrieb der in den zu betreuenden IMIS-Systemen zdb001, zdb002 und zdbenw eingesetzten Datenbank ORACLE verantwortlich. Um den sicheren Betrieb zu gewährleisten, wurden 1997 folgende Tätigkeiten ausgeführt:

- Ausführung der Sicherung der Datenbanken auf zdb001 und zdbenw
- Speicherplatzüberwachung, Performanceüberwachung und Sicherung der Funktionsfähigkeit der Datenbanken auf allen Systemen
- Fehleranalyse und Fehlerbehebung von Datenbankfehlfunktionen, sowie der durch die Anwendungssoftware verursachten Datenbankausfälle
- Erhebung von Angaben über das zu erwartende Datenaufkommen im Intensivbetrieb (Proben, Messungen, Meßwerte) für die an IMIS beteiligten Knoten und Kalkulation des Speicherplatzbedarfs für § 3-Daten im Intensivbetrieb.

**Anwenderbetreuung**

U. Wiechmann, D. Helms

Für Systemverwalter der dezentralen Systeme erfolgte bei auftretenden Datenbankfehlern eine Beratung und ggf. die Durchführung der Fehlerbehebung.

Für die IMIS-Nutzer aller IMIS-IT-Systeme erfolgte eine Beratung zu Fragen der Nutzung der Datenbank durch die IMIS-Anwendungssoftware, sowie der ORACLE – Anwender zu Fragen des RDBMS und der eingesetzten ORACLE-Produkte (Arbeitsweise, Nutzung, Konfiguration). Des weiteren erhielten die Nutzer Unterstützung bei der individuellen Auswertung des Datenbestandes entsprechen den landesspezifischen Erfordernissen. Darüber hinaus wurde eine ständige Marktbeobachtung der im Datenbankbereich verfügbaren

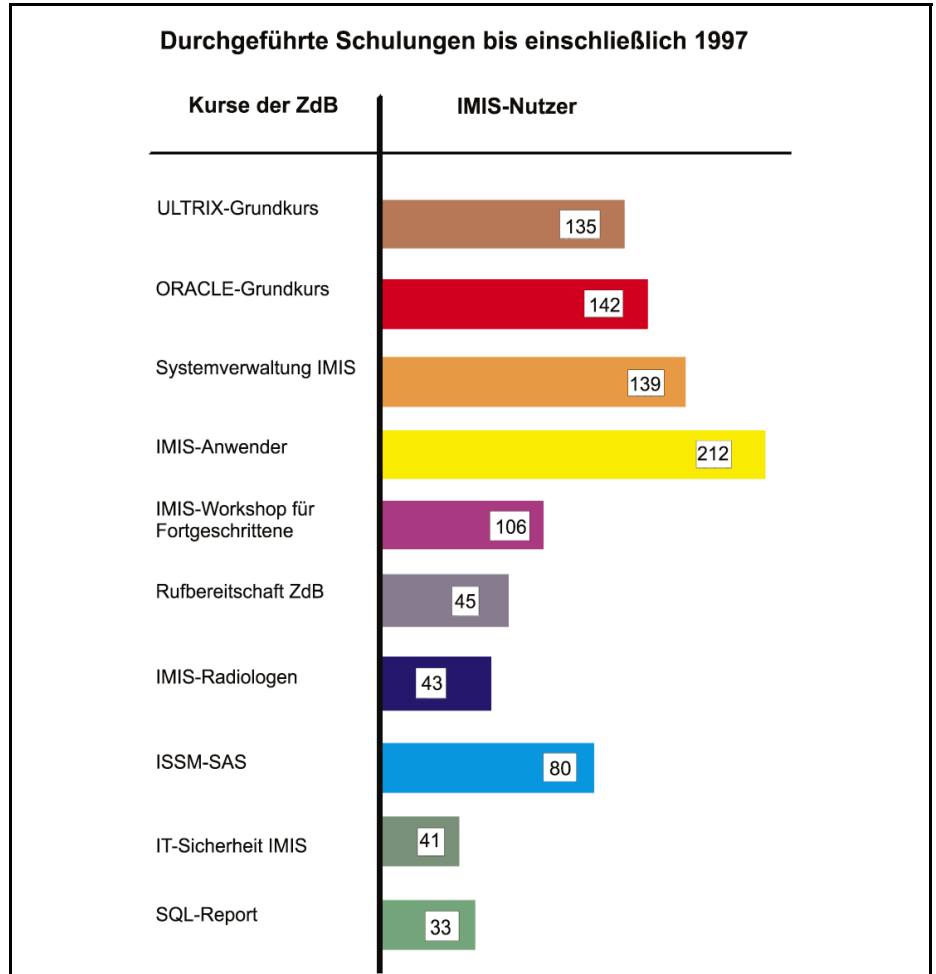


Abbildung S-22  
Durchgeführte Schulungen bis einschließlich 1997

Tools durchgeführt. Im Schulungsbereich wurden von der Datenbankadministration drei SQL-Kurse durchgeführt.

**IMIS-Migration – Replikationsverfahren**

D. Helms, U. Wiechmann, P. Bieringer

In Vorbereitung der Migration des IMIS-Systems erfolgt in der Prototypphase 2 die Erarbeitung eines Konzeptes über die Einsatzmöglichkeiten der Standardstools der Datenbanksoftware ORACLE im IMIS-IT-System und welche Aufgaben die Daten-

bank des derzeitigen Datenübertragungs- und verarbeitungssystems übernehmen kann.

Es werden die verschiedenen Formen der Replikationen und ihre Anwendungen unter Beibehaltung des jetzigen Datenmodells untersucht. Dabei sind Fragen, welche Form der Replikationen sich anbieten, welche systemspezifischen Vor- und Nachteile die verschiedenen Varianten aufweisen, ebenso zu klären wie die Frage der Administrierbarkeit, des Entwicklungs- und des Wartungsaufwandes.

Einen besonderen Schwerpunkt der diesjährigen Tätigkeit bildeten die Arbeiten für den Prototyp zur Migration des IMIS-Systems in eine Client/Server-Architektur.

In diesem Zusammenhang wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Bereitstellung der Systemumgebung:
  - Planung und Durchführung der Installation der Datenbank-Software (Oracle Server 7.3.2.) auf dem Prototyprechner der ZdB und des IAR in Zusammenarbeit mit Digital, sowie der Konfiguration der Datenbank auf den Datenbankservern
  - Einrichtung einer NT-Domäne
  - Installation und Konfiguration der Client-Software auf den NT-Rechnern
  - Funktionsprüfung der Datenbanksoftware sowie der Clientsoftware
- Prüfung der Einsatzmöglichkeiten von Standardsoftware zur Erfassung und Visualisierung des Datenbestandes mittels 4GL-Tools
- Prüfung des fachlichen Entwurfes der AG „Überarbeitung der Umweltbereiche“ auf dessen DV-technische Realisierbarkeit
- Planung und Durchführung von Untersuchungen alternativer Methoden der Datenbankkommunikation:
  - Beschreibung der DV-technischen Systemvoraussetzungen
  - Konzipierung und Erzeugung der erforderlichen Datenbankarchitektur
  - Planung und Durchführung von Funktions- und Performancetests für verschiedene Replikationsvarianten zur Beurteilung der Möglichkeiten und Grenzen eines Einsatzes in IMIS
  - Erarbeitung eines Replikationskonzeptes für IMIS
  - Prüfung der Integrationssmöglichkeiten von Datenbeständen aus Nicht-Oracle-Datenbanken
- Integration des PARK-Outputs in die Datenbank.

Die Aufgabe des IAR war, sowohl die System- als auch die Datenbankadministration des ALPHA-Servers in Freiburg zu

übernehmen und Daten für die Erprobung der Replikationsverfahren auf diesem zur Verfügung zu stellen.

Im ersten Schritt wurde die Replikation von der Datenbanktabelle p\_odl (Ortsdosisleistung), die den realen Datenbestand in IMIS widerspiegelt, verwendet. Die Tabelle enthält die vollständigen Informationen zu den Ortsdosisleistungsmessungen (ODL-Daten), so daß im Intensivbetrieb als auch im Routinebetrieb größere Datenmengen zu replizieren sind.

Am IAR wurde ein Programm entwickelt, das die im Routinebetrieb anfallenden ODL-Daten für das Programmsystem aufbereitet und mit dem Datenbankwerkzeug SQL\*Loader in die Datenbank schreibt. Diese Programm wurde so in die Routineabläufe des IAR integriert, daß täglich ein kompletter Datensatz der ODL, d. h. ca. 1700 Tabellenzeilen zur Replikation anstanden. Weiterhin bietet das Programm die Möglichkeit im Rahmen der Durchführung von Belastungstests innerhalb kurzer Zeit mehrere Datensätze in die Datenbank zu schreiben.

Im zweiten Schritt wurden die Replikationsverfahren für fünf Tabellen getestet, die unter anderem die Daten für Labormessungen enthalten. Da diese Meßdaten am IAR im Routinebetrieb nicht vorliegen, wurde ein Programm entwickelt, das mittels Zufallsgenerator Testdaten generiert und in die Datenbank schreibt. Durch einen automatischen Prozeß wurden in kurzen Zeitabständen Datensätze erzeugt und in der Datenbank dem Replikationsmechanismus zur Verfügung gestellt.

---

### **BfS-Netzwerk**

---

*E. Höller, H. Kett*

Wie in den zurückliegenden Jahren hat sich die Netzwerknutzung des ISH auch 1997 deutlich erweitert. Zur Zeit sind 170 Netz-User registriert, so daß nahezu jeder Mitarbeiter des ISH über einen Netz-Account verfügt.

Gründe für die zunehmende Netznutzung sind:

- Die intensive Nutzung der über den Netzwerkservers bereitgestellten Programme (v. a. Programme des MS-Office-Paketes).
- Die stetig zunehmende Verwendung der Netzlaufwerke zur Datenablage und gemeinsamen Nutzung von Dateien innerhalb der Organisationseinheiten.
- Der steigende Informations- und Datenaustausch über E-Mail.

Seitens Z 2.4 bzw. der IT-Betreuung des ISH wird diesem Bedarf auf verschiedene Weise Rechnung getragen:

- Für jeden neuen Mitarbeiter wird standardmäßig ein Netzaccount eingerichtet.
- Zur Datenablage auf den Serverlaufwerken wurde die Festplattenkapazität von 6 GB auf 16 GB erhöht.
- Seit Anfang 1997 ist ein neues Mailgateway im gesamten BfS-Netzwerk installiert, durch das die früher notwendige Kodierung anhängender Dateien durch den Absender entfällt. Zudem ist seither auch die Versendung von Mails mit Umlauten fehlerfrei möglich. Außerdem wurde mit Einführung dieser erweiterten Mailfunktionalität für jeden Netzwerkkuser automatisch eine E-Mail-Adresse für den weltweiten Datenaustausch über das Internet generiert. Mit dieser teilweisen Öffnung des BfS-Netzes nach außen hat sich auch deutlich die Gefahr der Vireneinschleppung in unser Netz erhöht. Um diesem Umstand zu begegnen, wurde ein Virenscanner installiert, der in periodischen Abständen alle Netzlaufwerke auf Viren überprüft. In diese Prüfung werden auch E-Mails mit angehängenden Dateien einbezogen. Im Falle einer Infektion werden die jeweiligen Files von Virus befreit oder – wenn dies nicht möglich ist – eine Viruswarnung an den Netzadministrator geschickt.
- Mit der zunehmenden Netznutzerzahl wurden auch sukzessive leistungsfähige Netzwerkdrucker eingeführt, die gegenüber Einzelplatzdruckern deutlich schneller hochqualitative Ausdrucke erzeugen. Im ISH sind zwischenzeitlich 7 Netzwerkdrucker installiert, davon ein

Farbtintenstrahldrucker. Der Einsatz zentraler Netzdrucker wird aus Kosten- und Wartungsgründen künftig – und besonders im Erweiterungsbau – verstärkt werden.

**Online-Dienste**

E. Höller, H. Kett

Der allgemeine Trend zur Nutzung des Internet bzw. World-Wide-Web WWW als Informationsquelle ist auch am ISH festzustellen. Im Durchschnitt wird der Internetzugang des ISH über den WinShuttle-Dienst täglich von 10–15 Personen an zwei Rechnern genutzt. Die Palette der abgefragten WWW-Quellen reicht dabei vom Zugriff auf Gen-Sequenzdatenbanken bis hin zur Abfrage von meteorologischen Daten.

Da das BfS sowohl mit eigenen Internet- als auch T-Online-Seiten vertreten ist, wurde auf den beiden Rechnern mit Online-Zugängen auch T-Online installiert, um eine Überprüfung der Darstellungen und Informationen in beiden Diensten zu ermöglichen. Beim ISH ist hauptsächlich die Überprüfung der Darstellungen für IMIS und den UV-Index von Interesse.

Darüber hinaus wird T-Online auch zum Abruf von Wetterdaten genutzt die der DWD nicht über das Internet zur Verfügung stellt.

**IT-Allgemein**

E. Höller, H. Kett

Nachdem mittlerweile im gesamten BfS das MS-Office-Paket in der Version 4 der gängige Softwarestandard ist, ist die Verwendung von Rechnern mit 386 DX-Prozessor wegen der geringen Arbeitsgeschwindigkeit nicht mehr möglich. Deshalb wurden im Jahre 1997 alle 386-er Rechner durch neue Pentium 166-Rechner ersetzt.

Bei der Beschaffung der Neurechner wurde bereits die im nächsten Jahr bevorste-

hende Betriebssystemumstellung auf Windows 95 oder Windows NT berücksichtigt und – neben einer hohen Taktfrequenz – auf eine Hauptspeicherausrüstung mit 32 MB geachtet.

Im Rahmen der Neubeschaffungen wurden auch die Möglichkeiten der beiden Grafikarbeitsplätze des ISH erweitert; so wurde beispielsweise Neuherberg neben Berlin und Salzgitter mit einheitlichen und postscriptfähigen Tintenstrahldruckern ausgestattet. Damit soll künftig vermieden werden, daß bei gemeinsamen Vorbereitungen für Veranstaltungen und Vorträge zeitraubende Umformatierungen von Grafiken und Darstellungen zur Anpassung an einen bestimmten Drucker notwendig werden. Für die Präsentation von Arbeiten des BfS wurde ein DIN A3-Farbtintenstrahldrucker beschafft. Ein Diascanner wird künftig die Übernahme von Dias aus dem vorhandenen Bestand in Berichte ermöglichen.

In der Vergangenheit stellte die Entsorgung leerer Toner- und Tintenstrahlerkartuschen ein Problem dar, da es zum Teil keine herstellereigenen Rücknahmeprogramme gibt oder aber auch die Transportkosten zum Händler unnötig aufwendig und teuer sind, wenn sie nicht direkt abgeholt werden können. Mittlerweile konnte mit einer Recyclingfirma, die Leerkartuschen wiederbefüllt, ein Vertrag geschlossen werden, der eine kostenlose Entsorgung der gesamten Leerbehälter von Druckern vorsieht.

**Schulungen**

Die im letzten Jahr begonnenen Schulungen für das MS-Office-Paket wurden in diesem Jahr weitergeführt. Für die Durchführung der Schulungen wurden 1997 erstmalig auf Grund einer Schulungsbedarfsermittlung im Frühjahr ein Kurskontingent von 20 Schulungstagen bei einem Schulungsunternehmen geordert. Durch dieses Vorgehen entfällt der administrative Aufwand mehrerer Beschaffungsverfahren für Einzelschulungen, eine flexiblere und vorausschauendere Terminplanung wird möglich und durch die Bestellung eines größeren Schulungskontingents ergeben sich finanzielle Vorteile für das BfS.

Mit Übernahme von Mitarbeitern aus dem BZS wurden und werden zusätzliche Grundschulungen für MS-WinWord und MS-Excel erforderlich.

Kursbezeichnung	Zahl der Anmeldungen	Zahl der Kurse
Excel 5.0 Grundkurs	8	1
WinWord 6.0 Grundkurs	10	1
WinWord 6.0 Aufbaukurs	27	3
Excel 5.0 Aufbaukurs	29	3
PowerPoint 4.0 Grundkurs	34	3
Access 2.0 Grundkurs	11	1

**Tabelle S-20**  
Durchgeführte Schulungen 1997

Aus **Tabelle S-20** gehen Art und Umfang der einzelnen Schulungen für 1997 hervor, wobei anzumerken ist, daß dies die größte bislang am ISH erfolgte Schulungsmaßnahme im Hinblick auf Kurs- und Teilnehmerzahlen ist, so daß wahrscheinlich ein Teil der Schulungen erst 1998 erfolgen kann.

**Zum Bereich Bedienung/Darstellungen für die Migration IMIS**

R. Buzin, U. Dahn, D. Helms,  
J. Lieser, U. Taphorn

In Zusammenarbeit mit Ländervertretern (Arbeitsgruppe Darstellungen zur Migration des IMIS) und Vertretern der Bundesmeßnetze wurde ein Konzept für die Darstellungen im zukünftigen IMIS erstellt. Dabei wurden neben Darstellungsverfahren, Funktionalität der Darstellungswerkzeuge und Beschreibung standardisierter Darstellungen auch wesentliche Funktionalitäten im Bereich Bedienung des Systems und allgemeine Selektion von Daten festgelegt.

Das Papier basiert auf den Vorschlägen und Anregungen der Länder an den BMU

und den Sitzungen der Arbeitsgruppe „Darstellungen“ zur IMIS-Migration im § 3-Bereich sowie den Besprechungen mit den Vertretern der Bundesmeßnetze (BfG, DWD, BfS-IAR, BSH).

Aus den Anforderungen an die Darstellung von IMIS-Daten ergaben sich folgende Werkzeuge, die künftig angeboten werden:

- **Erzeugen von Standard- und Routine-darstellungen (S/R)**  
Die Standarddarstellungen sollen als „quasi-Knopfdruck Darstellungen“ aus geprüften/freigegebenen Daten mit einem Minimum an Eingaben erzeugt werden können.
- **Erzeugen eigener Darstellungen (Beliebige und spezielle Darstellungen = B/S)**  
Der Aufbau der Darstellung soll über freie Datenselektion, Definition und Wahl grafischer Parameter sowie Layout erfolgen.

- **Werkzeuge zur Modifikation eigener Darstellungen**  
U. a. sollen auch DTP-Funktionen zur Layoutgestaltung mit allen gängigen Möglichkeiten der grafischen Gestaltung und Kombination verschiedener Darstellungen und Texte (grafischer Editor, template-Funktionen) sowie Werkzeuge für Texteingabe, Kommentierung u. ä. zur Verfügung stehen.

Die Länder, Leitstellen und Bundesmeßnetze benötigen Darstellungen von Meßinformationen und Prognosen im Normal- und Intensivbetrieb für:

- **Berichterstattung**  
Fachberichte (z. B. landesinterne, Leitstellen-, REI-Berichte) und Berichte für die Öffentlichkeit (auch an Ministerium/Parlamente etc.)
- **Plausibilitätsprüfung**  
(synoptisch visuell) auf Ebene der Meßstellen, Landesdatenzentralen, Leitstellen und Bundesmeßnetzzentralen
- **Aufgabendarstellung**  
Die Aufgaben gemäß den Meßprogrammen sollen übersichtlich dargestellt werden (tabellarisch, graphisch) mit einer Übersicht über die Probeent-

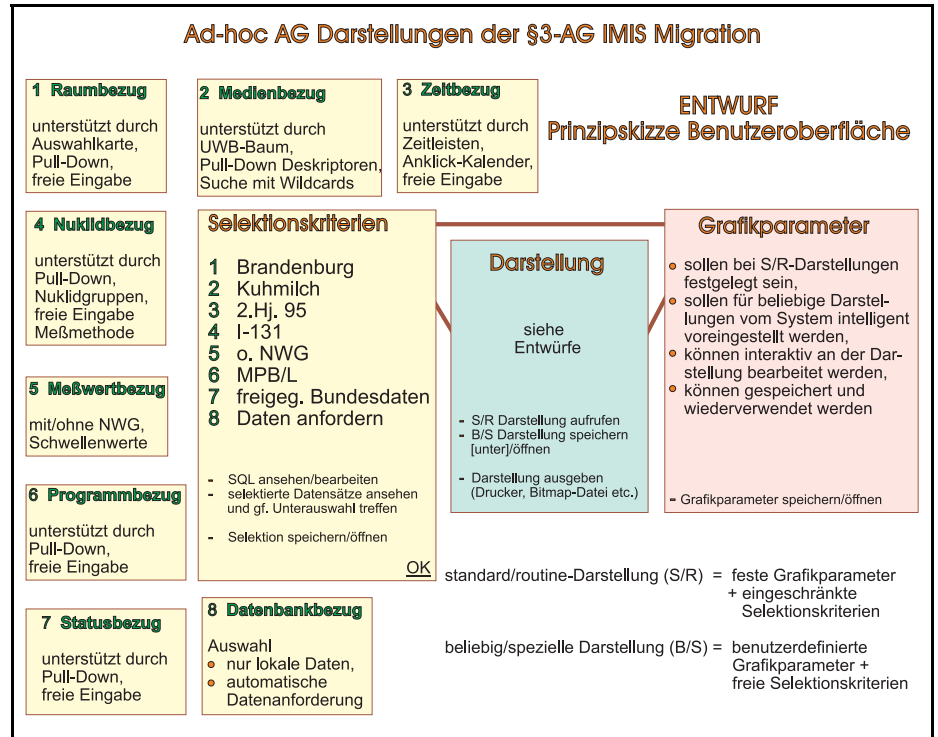


Abbildung S-23  
Prinzipische Skizze Benutzeroberfläche

nahmeorte sowie als Hilfsmittel zur Aufgabenverfolgung.

- **Analyse und interaktive Bearbeitung** (deskriptive Statistik wie Anzahl, Mittelwert, Median, Minimum, Maximum, Standardabweichung)

Die Zielsetzungen dieser Darstellungen sind nach den Betriebsarten Intensiv- und Normalbetrieb zu differenzieren. Bei Intensivbetrieb sind die Darstellungen notwendig, um einen schnellen Überblick zur Bewertung der radiologischen Lage und über die durchgeführten Messungen zu erhalten. Zudem sind sie für eine schnelle Berichterstattung und Lagerdarstellung erforderlich. Bei Normalbetrieb sind sie Hilfsmittel zur Datenvalidierung, dienen zur administrativen Verfolgung der Messungen bei Probenorganisation, Vollständigkeitskontrollen und Terminverfolgung. Weiterhin werden sie bei der Beantwortung von Anfragen und der Berichterstattung benötigt.

Um diese Anforderungen erfüllen zu können, sind folgende Darstellungsarten notwendig:

- **Strukturierte Texte (Tabellen)**
- **Businessgrafik**  
wesentliche Bedeutung haben x-y-(z)-Diagramme (Punkte, Linien), Torten-, Balken-, Säulendiagramme; Zeitreihen, auch vergleichend, mehrere untereinander und mehrere in einem Diagramm. Sterndarstellungen und log-Wahrscheinlichkeitsdiagramme dienen zur Plausibilitätsprüfung.
- **Karten**  
geografische Darstellungen, auch vergleichende Karten, mehrere nebeneinander mit gleicher Legende
- **Kombinationen der verschiedenen Darstellungsarten**  
Benötigte Kombinationen sind Einbau aller Darstellungsarten in Karten

# Fachbereich Strahlenhygiene

## Wissenschaftliche Kurzberichte

(Businessgrafiken in Karten, strukturierte Texte und Kartenausschnitte in Karten).

In Businessgrafiken sollen kleine Karten eingeblendet werden können, die die räumliche Lage der betrachteten Meßstation(en)/Meßstelle(n) bzw. Probenahmeorte anzeigen.

Neben der Erfassung der benötigten Darstellungsarten wurden auch die Layouts der jetzigen Standarddarstellungen überarbeitet und neue Standarddarstellungen für Tabellen und Grafiken definiert:

- Tabellen
  - Probenplan (Aufgaben nach Meßprogramm mit zeitlichem Bezug – Jahresübersicht; Kombination von Tabelle und Balken)
  - Auftragsliste Probennahmestitution (Zuordnung der Beprobung nach Meßprogramm zu Probennahmestitutionen)
- Grafiken
  - Boxplot
  - Säulendiagramme, inkl. 3-D-Darstellung „Längsprofil“ für Gewässer
  - Sterndarstellungen (Aktivitätswerte einer Probe als sternförmig angeordnete Vektoren)
  - Log-Wahrscheinlichkeitsdiagramme
  - Karten mit eingeblendeten Zeitreihen („Briefmarkenkarten“)
  - Karten mit eingeblendeten Torten z. B. für die Darstellung von In-situ-Messungen
  - Karten für die Darstellung der Orte nach Meßprogramm.

Zukünftig sollen auch Daten nach REI in der Umgebung von Kernkraftwerken in den IMIS-Standarddarstellungen als REI-Berichtstabellen bzw. in kartographischer Darstellung berücksichtigt werden.

Neben den Darstellungen selbst wurden Anforderungen an die Funktionalität zur Erzeugung dieser Darstellungen festgelegt. So soll die Datenselektion in direkter

Wechselwirkung mit der zu erstellenden Darstellung visuell unterstützt werden. Aus der Darstellung kann sowohl die Selektion (Selektionskriterien) in der Datenbank als auch die Festlegung der Darstellungsparameter (Graphikparameter) erfolgen (**Abbildung S-23**).

Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen erfolgt in Vorbereitung der Migration des IMIS-Systems, derzeit in der Prototypphase 2, die Erarbeitung eines Konzeptes über Einsatzmöglichkeiten von Werkzeugen zur Erstellung einer graphischen Bedienoberfläche. Dabei müssen die zum Einsatz kommenden Werkzeuge aus heutiger Sicht den Anforderungen aus Sicht des Software-Engineerings und Software-Ergonomie genügen.

### Seminar „IMIS für Radiologen“

*J. Lieser, G. Agthe, J. Gregor,  
L. Kammerer, J. Peter, H. Wildermuth*

Die wesentliche Zielsetzung dieser Seminarreihe besteht im sachgerechten Umgang mit Informationen aus IMIS.

Bereits im Jahre 1995 wurde ein eineinhalb tägliches Curriculum als Bestandteil eines Einführungskurses für IMIS im Rahmen der IMIS-Schulungen zum Themenbereich „Verwendung von Prognosen in IMIS“ durchgeführt. Daraufhin entstand der Bedarf nach einer umfangreicheren Einführung in IMIS für radiologische Aspekte. So wurden im Jahre 1996 die Inhalte des Curriculums deutlich ausgeweitet und das Curriculum erstreckte sich über drei Tage. Im Mittelpunkt standen:

- die Aufgabe des Strahlenschutzvorsorgegesetzes
- die Diskussion möglicher Ereignisse (Freisetzungskategorien)
- das Intensivmeßprogramm
- Grundlagen Meteorologie und Prognosen des DWD in IMIS
- die PARK-Konzeption, Eingangsgrößen, Ablauf, Ergebnisse und

- etliche Übungen anhand von Szenarien.

Da die Teilnehmer sehr unterschiedliche Vorkenntnisse mitbrachten (DV-Betreuer, Laborpersonal, Entscheidungsträger in Ministerien, Landesdatenzentralen und Meßstellen) wurden zusätzliche Bausteine ausgearbeitet, die Grundlagen des Strahlenschutzes (Fachbegriffe), chemische Aspekte bei Freisetzungen und Dokumentenerstellung, -anzeige und Bearbeitung zum Inhalt hatten. Diese Bausteine wurden je nach der Zusammensetzung des Kurses behandelt.

Im Jahre 1997 wurden die Übungen zum Teil auf die neue Dokumentenverwaltung in IMIS umgestellt und das Curriculum wurde um einen Beitrag zur neuen IMIS-Dokumentenverwaltung ergänzt.

### PARK

*R. Buzin, M. Bleher, U. Buhl, J. Eklund, B. Gerich, J. Gregor, K. Karcher, J. Lieser, R. Stapel*

#### Bedienoberfläche PARK, Standardinformationsbedarf

Eine neue Version der Bedienoberfläche PARK mit Editiermöglichkeiten für Ausgangsparameter für PARK-Rechnungen wurde erstellt. Die Steuerungsprogramme für den automatisch ablaufenden Teil von PARK wurden gepflegt (Fehlerbereinigung, Einbau des neuen Meldewesens). Eine Beschleunigung der Visualisierung von Ausgabedaten von PARK wurde zwischenzeitlich erreicht durch die Möglichkeit der Vorselektion von Zeitpunkten.

Zur Bewältigung eines Ereignisfalles wurde für den Beginn eines Intensivbetriebes ein mindestens erforderliches Informationspaket definiert („Standardinformationsbedarf“), das im regelmäßigen 2-h-Zyklus automatisch ausgegeben werden soll. Die prototypische Realisierung wurde begonnen.

**Migration PARK**

Im Rahmen der Migration des IMIS (Umstellung auf neue Hardware und Software) ist zu untersuchen, welche Anpassungen im Bereich PARK erforderlich sind und welche Verbesserungen erreicht werden sollen. Hierzu wurden als Beitrag zum Fachlichen Feinkonzept IMIS Anforderungen, so auch an Darstellung von PARK-Ergebnissen definiert.

Migrationsziele sind insbesondere die deutliche Verbesserung des Zeitverhaltens bei der Bereitstellung von PARK-Ausgabedaten für die Lagedarstellung und -bewertung, die Realisierung des Standardinformationsbedarfs als Spezialfall allgemeiner PARK-Darstellungen, die weitere Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit und Betriebssicherheit sowie der Wartbarkeit.

---

**Ergänzungstools  
zur IMIS-Software und anderer  
Software, Kartografie**

---

*R. Buzin, B. Gerich, T. Hörmann,  
K. Karcher, J. Lieser, U. Taphorn*

XSILAS, Selektion von BEDL-Stammdaten zur Übertragung auf landeseigene Systeme. Die 1996 erstellte XSILAS-Software zur Selektion von IMIS-Daten und deren Übertragung auf landeseigene Systeme wurde an mehr als die Hälfte der Landesdatenzentralen ausgeliefert und betreut.

Es wurde Software entwickelt, um IMIS-Stammdaten (Bundeseinheitliche Deskriptorenliste) auf dem IMIS-System zu selektieren und von IMIS auf landeseigene Systeme zu übertragen. Dies erleichtert die Pflege der Stammdaten auf den landeseigenen Systemen.

**Bereich allgemeine Kartografie**

Zur Information der Öffentlichkeit wurden IMIS-Darstellungen für t-online und das Internet verfügbar gemacht. Sie sind unter [www.bfs.de](http://www.bfs.de) abrufbar. Im Rahmen der Betreuung einer Diplomarbeit wird ein Konzept zur Präsentation kartografisch relevanter Information des BfS im Internet erstellt.

**Mitwirkung bei S2.2 ICRP 54**

Die Software zur Visualisierung der Daten aus der Publikation ICRP 54 Revision und der Berechnung von Retentions- und Ausscheidungswerten wurden weiterentwickelt, insbesondere die Erweiterung für chronische Zufuhr. Die Schnittstelle zu anderen ICRP-Programmen wurde in Abstimmung mit entsprechenden Institutionen festgelegt.

---

**GSF/BfS-Workshop  
„Genetic susceptibility and  
radiation response“**


---

T. Jung

Zusammen mit den GSF-Instituten für Klinische Molekularbiologie und Immunogenetik, Pathologie, Säugetiergenetik, Strahlenbiologie und Strahlenschutz veranstaltete das ISH am 6. und 7. November 1997 in Neuherberg einen Workshop zum Thema „Genetic susceptibility and radiation response“.

Die Krebsentstehung ist ein komplexer, mehrstufiger Vorgang, der durch eine Vielzahl genetischer und systemischer Faktoren beeinflusst wird. Die gleichen Faktoren spielen mit größter Wahrscheinlichkeit auch eine bestimmende Rolle in der Empfindlichkeit gegenüber strahlen-induziertem Krebs. Der gegenwärtige Wissensstand über die unterschiedliche Strahlenempfindlichkeit in menschlichen Populationen ist immer noch sehr begrenzt.

Im Gegensatz dazu ist sehr wohl bekannt, daß Mäuse, in Abhängigkeit von ihrer genetischen Abstammung, unterschiedliche Empfindlichkeit bezüglich strahlen-induzierter Tumore besitzen. Diese Unterschiede sind nicht bedingt durch Unterschiede in der Zahl der Zielzellen oder durch systemische oder zelluläre Einflüsse auf die Tumorprogression. Vielmehr sind die Zielzellen der empfindlichen Mäuse inhärent empfindlicher als die von weniger sensiblen Mäusen. Diese Beobachtungen inhärenter Unterschiede in der Strahlenempfindlichkeit legen nahe, daß Untersuchungen der genetischen Mechanismen in diesen Mausmodellen und deren Übertragung über das Auffinden menschlicher Homologe einen sehr erfolgversprechenden Weg darstellen, um die Mechanismen die beteiligt sind an der Strahlenempfindlichkeit und bei strahlen-induzierten Krebserkrankungen zu entschlüsseln.

Das Entschlüsseln dieser Mechanismen ist die unmittelbare Voraussetzung um die Strahlenempfindlichkeit der Individuen zu detektieren, deren Anteil an der Bevölke-

rung abzuschätzen und das Ausmaß der Strahlenempfindlichkeit zu quantifizieren. Die Grenzwertsetzung im Strahlenschutz für beruflich strahlenexponierte Personen und für die Bevölkerung wird durch diese Erkenntnisse direkt beeinflusst.

Ziel des Workshops war es, neue Ansätze in der strahlenbiologischen und -genetischen Forschung zu diskutieren und mögliche zelluläre Mechanismen in Strahlenempfindlichkeit und strahlen-induzierter Krebsentstehung kritisch zu analysieren.

Neben Mitarbeitern aus den beteiligten Instituten nahmen weitere Wissenschaftler aus Deutschland, den USA und England am Workshop teil.

---

**Workshop „Integrierte  
Bewertung radiologischer und  
chemisch-toxischer Kontaminanten“**


---

T. Jung

Bei der Erfassung, Bewertung und den Entscheidungen über die Sanierungsmaßnahmen der Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus zeigte sich, daß neben radioaktiven Kontaminanten auch weitere nicht-radioaktive, sogenannte konventionelle Schadstoffe zusätzlich betrachtet werden müssen. Dazu gehören u. a. Schwermetalle, Arsen oder organische Komponenten. Die anorganischen Komponenten sind entweder direkt geogenen Ursprungs oder stammen aus Rückständen der Erzaufbereitung. Infolge von Mischnutzungen ehemaliger Bergbaustandorte kam es auch zu Kontaminationen mit organischen Komponenten.

Zu diesem Thema wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung am 24. November in Dresden ein Workshop durchgeführt, um methodische Ansätze für eine integrierte Bewertung radiologischer und chemisch-toxischer Wirkungen auf die menschliche Gesundheit und auf die Umwelt zu diskutieren. Dabei wurden Grundlagen sowie Sicherheitsansprüche der beiden unterschiedlichen Bewertungs-

systeme den vor Ort mit Sanierungsvorhaben befaßten Anwendern dargelegt, Kombinationswirkungen durch chemische und radioaktive Noxen erörtert, Sanierungsoptionen und Ansätze zur Monetarisierung diskutiert und bestehende Defizite aufgezeigt.

Die fachübergreifende Diskussion von Toxikologen, Medizinern, Naturwissenschaftlern, Ingenieuren und Strahlenschützern diente dem Ziel, praktikable Wege für die Bewertung von Standorten des Uranerzbergbaus und zur Optimierung der Sanierungsziele aufzuzeigen.

---

**Introductory Workshop –  
European Study of Occupational  
Radiation Exposure (ESOREX)**


---

G. Frasch, E. Anatschkova

Das ESOREX-Projekt besteht aus einer Reihe von Erhebungen, die in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union sowie in Island, Norwegen und der Schweiz durchgeführt werden. Ziel der Studie ist es, in jedem dieser Länder die administrativen Systeme zur individuellen Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen und die Zahl der beruflich strahlenexponierten Personen sowie die Dosisverteilungen des Jahres 1995 zu erheben. Weiterhin sollen die Häufigkeitsstrukturen verglichen, die Unterschiede zwischen den Staaten herausgearbeitet und Möglichkeiten für eine europäische Harmonisierung aufgezeigt werden.

Um den beteiligten Ländern den Zusammenhang der Studie mit der angestrebten Harmonisierung der beruflichen Strahlenschutzüberwachung in Europa deutlich zu machen, wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz in Zusammenarbeit mit der Europäischen Kommission ein internationaler Einführungsworkshop am 20./21. Mai 1997 in Luxemburg ausgerichtet. An dem Workshop nahmen Vertreter von 15 Ländern (Belgien, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Schweden, Schweiz und Spanien) teil. Die Teilnehmer kamen aus den Bereichen der beruflichen Strah-



lenschützüberwachung. Die Länder stellen ihr nationales Konzept der beruflichen Strahlenschutzüberwachung dar und hatten ferner die Gelegenheit, ihre eigenen Erwartungen zum Ausdruck zu bringen.

Der Workshop erbrachte für die Studie grundlegende Informationen über die Organisation des beruflichen Strahlenschutzes in den verschiedenen Ländern. Durch den persönlichen Kontakt mit den Teilnehmern wurde außerdem eine tragfähige Basis für die Zusammenarbeit geschaffen.

### **1. Fachgespräch „Erstellung und Anwendung von diagnostischen Referenzwerten in Deutschland“**

*B. Bauer, R. Veit, J.H. Bernhardt*

Die internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) hat in ihrer Publikation 60 die Einführung von Dosisstrahlen zur Optimierung des Strahlenschutzes in der Medizin vorgeschlagen. In ihrer Publikation 73 hat die ICRP für den Schutz der Patienten zusätzlich den Begriff der diagnostischen Referenzwerte eingeführt. Die Europäische Union hat diesen Vorschlag in ihrer Patientenschutz-Richtlinie 97/43/EURATOM aufgegriffen und den Mitgliedstaaten die Erstellung diagnostischer Referenzwerte sowie deren Überprüfung zur Pflicht gemacht. Daher fand im ISH am 9. April 1997 ein erstes Fachgespräch über die Aufstellung und Anwendung von diagnostischen Referenzwerten statt.

Deutschland liegt bei der mittleren pro Kopf-Dosis der Bevölkerung auf Grund der Anwendung ionisierender Strahlung in der diagnostischen Medizin im internationalen Vergleich mit an der Spitze. Im Gegensatz z. B. zu den USA geht der Trend in Deutschland weiterhin nach oben. Es besteht die Notwendigkeit in Deutschland, den Strahlenschutz in der Medizin zu optimieren. Deshalb wird die Neufassung der Patientenschutz-Richtlinie der EU begrüßt, welche durch Maßnahmen auf den Gebieten der Rechtfertigung und der Optimierung den Strahlenschutz in der diagnostischen Radiologie verbessert.

Jede einzelne medizinische Exposition muß gerechtfertigt sein. Durch Anlegen strengerer Kriterien an die Indikation von Röntgenuntersuchungen könnte in der Tat ein guter Teil der kollektiven Dosis eingespart werden. Der durchführende Arzt sollte die Indikation des überweisenden Arztes in jedem Einzelfall überprüfen. Die Überprüfung der Rechtfertigung, ob eine Indikation im Einzelfall zu Recht besteht, ist jedoch sehr schwierig und ein Hauptproblem des Strahlenschutzes in der Medizin.

Als Maßnahme zur Optimierung des Strahlenschutzes, d. h. um die medizinische Exposition bei einer Untersuchung so niedrig zu halten, wie dies zur Gewinnung der benötigten diagnostischen Information möglich und vertretbar ist, sollen nach der Patientenschutz-Richtlinie diagnostische Referenzwerte (diagnostic reference levels) für häufige Untersuchungsarten aufgestellt werden. Dies wurde von der Mehrheit der Teilnehmer des Fachgesprächs begrüßt. Es wurde für erforderlich gehalten, für Deutschland eigene, gegebenenfalls unter den in den Leitlinien der Europäischen Kommission veröffentlichten Werten liegende Referenzwerte zu ermitteln, da der Stand der Technik niedrigere Referenzwerte zuläßt, als sie bisher international vorgeschlagen wurden.

Man einigte sich mehrheitlich auf folgende Grundsätze für die Aufstellung bzw. Einführung von Referenzwerten in der Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin:

- Referenzwerte sollen für häufige und für dosisintensive Untersuchungsarten aufgestellt werden.
- Ihr Zweck soll in erster Linie der Orientierung der Ärzte und des nichtärztlichen Personals über ihr Handeln und damit der Optimierung der Untersuchung dienen und mit keinen Konsequenzen rechtlicher Art verbunden sein („erzieherisches Ziel“).
- Bei beständiger Überschreitung von Referenzwerten sollen Überprüfungen vor Ort vorgenommen und gegebenenfalls Abhilfemaßnahmen eingeleitet werden.
- Zur Festlegung der Referenzwerte sollen möglichst im nationalen Rahmen

Dosiserhebungen in Kliniken und in Praxen niedergelassener Ärzte auf freiwilliger und anonymer Basis erfolgen.

- Die Dosiserhebungen sollen an einem normalen, nicht selektierten Patientenkollektiv mit durchschnittlicher Pathologie unter normalen, nicht optimierten Bedingungen vorgenommen werden und möglichst repräsentativ sein. Lediglich bei der Mammographie und Computertomographie (CT) sollen Phantom-Messungen zum Einsatz kommen.
- Ob die 3. Quartile (75 % Wert) oder ein anderer Wert der so gemessenen Dosis-Verteilung als Referenzwert (Anfangswert) zu nehmen ist, wurde eingehend diskutiert.
- Es wurde auch vorgeschlagen, nach Körpermaßen getrennte Referenzwerte, etwa in 3 Klassen, festzulegen.
- Die Referenzwerte sollen durch wiederholte Erhebungen in regelmäßigen Abständen (3 – 5 Jahre) aktualisiert werden.
- Sie sollten möglichst in einer leicht meßbaren Größe angegeben werden, die der Arzt bei der Untersuchung auch zur Verfügung hat.

Als Meßgrößen für die Referenzwerte wurden folgende Größen vorgeschlagen:

#### 1. Nuklearmedizin

Als Meßgröße für die Referenzwerte dient die applizierte Aktivität des jeweiligen Radiopharmazeutikums. Da die eingesetzten Radiopharmaka in Deutschland dem Arzneimittelrecht unterliegen, kann auf Aktivitäts-Referenzwerte in den Produkt-Monographien des ehemaligen Bundesgesundheitsamtes und dessen Rechtsnachfolger, des Bundesinstituts für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) zurückgegriffen werden, die gegebenenfalls ergänzt oder aktualisiert werden müssen.

#### 2. Röntgendiagnostik

Abhängig von der Untersuchungsart wurden verschiedene Meßgrößen für die Referenzwerte vorgeschlagen. Es sind 3 Gruppen von Untersuchungen zu unterscheiden:

- a) Komplexe Untersuchungen mit Durchleuchtung, wie Magen/Darm-Untersuchungen und die interventionelle Radiologie, wo die Dosis stark vom Einzelfall und der Erfahrung des Arztes abhängt. Als Meßgröße wurde hier u. a. das Dosis-Flächen-Produkt (DFP) favorisiert.
- b) Einfache Untersuchungen (Aufnahmen), wo die Dosis im wesentlichen durch die Technik vorgegeben ist. Hier wurden 3 Meßgrößen für die Referenzwerte vorgeschlagen, ohne daß eine Einigung erzielt wurde:
- Einfalldosis (zu messen oder aus der Kenndose zu berechnen) bei Thorax-, Abdomen- und Zahnaufnahmen,
  - Hauteintrittsdosis (Einfalldosis x Rückstreufaktor), mit TLD zu messen, in der Kinderradiologie,
  - Dosis-Flächen-Produkt, bei Schädel-, Wirbelsäulen- und Beckenaufnahmen und alternativ auch bei Zahnaufnahmen und in der Kinder-radiologie.
- c) Spezialuntersuchungen, wie Mammographie und CT
- Mammographie: Als Meßgröße wurde die Einfalldosis bzw. Entrance Surface Air Kerma (ESAK) am Standard-Brustphantom (Prüfkörper) vorgeschlagen und als Referenzwert 10 mGy.
  - CT: Als Meßgröße wurde der gewichtete CT-Dosisindex ( $CTDI_w$ ) im PMMA- Phantom sowie das Dosis-Längen-Produkt (DLP) vorgeschlagen, wobei  $DLP = CTDI_w \times T \times N$  gilt (T: Schichtdicke, N: Zahl der Schichten).

Mit allen Meßgrößen können sich jedoch Probleme bei der Messung der Dosen zur Überprüfung und zum Vergleich mit den Referenzwerten in Kliniken und vor allem in Praxen ergeben, weil in vielen Fällen die entsprechenden Meßgeräte fehlen. Es wurden auch Zweifel darüber geäußert, ob es sinnvoll und möglich sei, die Betreiber von Röntgen-Einrichtungen zur Anschaffung der entsprechenden Meßgeräte zu verpflichten. Eine andere Möglichkeit wäre

die Beauftragung von Service-Firmen, die in Röntgenstellen entsprechende Messungen kommerziell durchführen.

Bei der Frage, wer die Überprüfung bzw. Kontrolle der Referenzwerte übernehmen könnte, wurden verschiedene Institutionen bzw. Instanzen genannt. Neben der Sachverständigenprüfung (bei Zahnaufnahmen), der Konstanzprüfung (bei der Mammographie) wurden auch die Abnahmeprüfung und vor allem die ärztlichen Stellen als Kontrollinstanz vorgeschlagen.

Von einigen Teilnehmern wurde auch vorgeschlagen, neben den Referenzwerten für alle Untersuchungsarten auch optimierte Werte anzugeben, wie sie z. B. bei Untersuchungen erreichbar sind, die streng nach den Leitlinien der Bundesärztekammer durchgeführt werden.

Um die noch offenen Fragen zu klären, einigte man sich auf eine Fortsetzung des Fachgespräch am 1. Oktober 1997 im ISH, um u. a. die Fragen der Datenbeschaffung und eines einheitlichen Meßprotokolls zu besprechen.

Das BfS könnte als Sammelstelle für Dosiswerte, die in Kliniken und Praxen zur Aufstellung von Referenzwerten erhoben werden, die Rolle des Koordinators übernehmen.

## 2. Fachgespräch über diagnostische Referenzwerte

R. Veit, B. Bauer

Zur Fortführung des 1. Fachgesprächs befaßte sich die Expertenrunde am 1. Oktober 1997 im ISH schwerpunktmäßig mit der Einführung von diagnostischen Referenzwerten in die Röntgendiagnostik der Erwachsenen. Die spezifischen Probleme der Mammographie, der pädiatrischen und der zahnmedizinischen Radiologie sowie der Nuklearmedizin sollen im Frühjahr 1998 separat behandelt werden. Zunächst wurden die Untersuchungsarten der Röntgendiagnostik, für die deutsche Referenzwerte aufgestellt werden sollen, und die Grundsätze zu deren Gebrauch festgelegt:

- Diagnostische Referenzwerte sollen sowohl für einzelne Röntgenaufnahmen, als auch für komplexe Untersuchungen mit Durchleuchtung und für die Computertomographie (CT) eingeführt werden.
- Diagnostische Referenzwerte sollen im Sinn eines „oberen Dosisrichtwerts“ für die Optimierung verwendet werden.
- Im Rahmen der diagnostischen Referenzwerte soll unter Wahrung einer für die Diagnose adäquaten Bildqualität eine weitere Dosisreduzierung im Sinne des ALARA-Prinzips angestrebt werden. Zu diesem Zweck sollen für Röntgenaufnahmen auch mit optimaler Technik „erreichbare Dosiswerte“ angegeben werden.

Unter Abänderung einiger Vorschläge, die beim 1. Fachgespräch aufgestellt worden waren, soll nun folgende Vorgehensweise gewählt werden: Bei der Festlegung der Anfangswerte der Referenzdosen soll ein Soll- und nicht der Ist-Zustand der Strahlenexposition im Land beschrieben werden. Die Referenzwerte sollen sich an einem Qualitätsstandard orientieren, wie er in den Leitlinien der Bundesärztekammer (BÄK) zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik bzw. Computertomographie festgelegt ist. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, weil es angesichts des komplexen deutschen Gesundheitssystems mit den vielen Praxen niedergelassener Radiologen und Teilradiologen für unrealistisch angesehen wurde, gemessene, repräsentative Dosisverteilungen zu erhalten. Die Erfassung der Dosiswerte soll getrennt nach Röntgenaufnahmen und komplexen Untersuchungen erfolgen.

### 1. Röntgenaufnahmen:

Für folgende Aufnahmen sollen Referenzwerte gefunden werden:

- Thorax pa und lat
- Schädel pa/ap und lat
- HWS
- BWS ap und lat
- LWS ap und lat
- Kreuzbein lat
- Becken ap

- Harntrakt ap
- Abdomen in Rückenlage
- Abdomen in Seitenlage

Es wurden Arbeitsgruppen für jede Untersuchungsart gebildet. Diese werden in ihren Röntgenabteilungen Patientendosismessungen bei Röntgenaufnahmen vornehmen, die bzgl. der Röhrenspannung (kV), des Brennfleckennwertes, des Fokus-Filmabstands (FFA), der maximalen Expositionsdauer ( $t_{max}$ ), des Raster-typs und der Film/Folien-Empfindlichkeitsklasse streng innerhalb der Vorgaben der Leitlinien der BÄK durchgeführt werden.

Je nach verfügbarem Meßgerät können die Hauteintrittsdosis (HED) [mGy] oder das Dosis-Flächen-Produkt (DFP) [mGy x cm<sup>2</sup>] als Meßgrößen verwendet werden. Die Messungen können alternativ an Standardpatienten (70 kg ± 3) oder an einem Kollektiv von mindestens 50 nicht ausgewählten, erwachsenen Patienten vorgenommen werden. Die gemittelten Patientendosen für die jeweiligen Aufnahmearten sollen dann beim nächsten Treffen der Expertenrunde im Mai 1998 vorgestellt werden und als „erreichbare Dosiswerte“ angesehen werden. Durch Multiplikation dieser Werte mit einem noch zu bestimmenden Faktor, der – aufnahmeartspezifisch – zwischen 1,5 und 3 liegen soll, wird dann der Referenzwert der jeweiligen Aufnahme festgelegt. Die Berechtigung dieses Faktors ergibt sich aus weiteren Einflußgrößen auf die Patientendosis, wie Filmentwicklung, Belichtungsautomatik, optische Dichte usw., die noch nicht ausreichend berücksichtigt wurden.

Der so festgelegte Referenzwert gilt dann für einen erwachsenen Patienten mit einem Durchmesser von ca. 21 cm oder für den Mittelwert einer großen Zahl von Patienten. Zusätzlich soll der Arzt noch informiert werden, daß eine Zunahme der Patientendicke um ca. 3 cm eine Verdoppelung der Patientendosis zur Folge hat.

#### Komplexe Untersuchungen

Bei Untersuchungsarten mit mehreren Aufnahmen in unterschiedlichen Projektio-

nen und mit Durchleuchtung sollen Referenzwerte für Untersuchungen des Magens, des Dünn- und Dickdarms, bei Arteriographien verschiedener Körperregionen, Bein-Becken-Phlebographien und bei interventionellen Maßnahmen wie PTA und PTCA festgelegt werden. Als dosisrelevante Meßgröße eignet sich am besten das DFP. Arbeitsgruppen sollen in ihren Röntgenabteilungen die jeweiligen Patientendosen sammeln. Der Wert der 75 %-Perzentile der beobachteten Dosisverteilung soll dann als Referenzwert der betreffenden Untersuchungsart gelten. Diese Referenzwerte sind ihrem Charakter nach natürlich weniger restriktiv als diejenigen von einzelnen Aufnahmen, da die Patientendosis bei diesen komplexen Untersuchungsarten mit Durchleuchtung sehr stark von den individuellen Schwierigkeiten während der Durchführung der Untersuchung und bei der Diagnosestellung abhängt.

#### Computertomographie (CT)

Es wurde eine Arbeitsgruppe gebildet, die die verschiedenen CT-Untersuchungsarten definieren soll, für die Referenzwerte festgelegt werden. Die Meßgrößen sind der gewichtete CT-Dosisindex,  $CTDI_w$ , gemessen in einem Plexiglasphantom, als Maß für die Dosis einer Schicht, und das Dosislängenprodukt (DLP), das Produkt aus  $CTDI_w$  und Scanlänge, als Maß für die Patientendosis einer ganzen CT-Untersuchung. Vor allem für die Parameter, die das DLP bestimmen, wie mAs-Produkt pro Schicht, Zahl der Schichten (Spiralen), Schichtdicke, Pitchfaktor usw. gilt es, repräsentative Werte zu erheben.

Messung der Patientendosen und deren Kontrolle auf Einhaltung der Referenzwerte

Nach Artikel 8 Abs. 2 der Patientenrichtlinie muß der Betreiber einer radiologischen Anlage im Rahmen von Qualitätssicherungsprogrammen die Patientendosis ermitteln. Dazu gehört die Verfügbarkeit eines entsprechenden Meßgerätes zur Ermittlung des DFP, der HED oder der Einfalldosis. Letztere kann auch aus der

Kenndosis mit Hilfe des mAs-Produkts und unter Berücksichtigung der kV und des Abstandsquadratgesetzes abgeschätzt werden.

Bezüglich der Kontrolle der Patientendosen auf Einhaltung der Referenzdosen durch eine autorisierte Instanz wurden verschiedene Möglichkeiten diskutiert, aber noch ohne abschließende Einigung. Es ist jedoch daran gedacht, den ärztlichen Stellen eine Führungsrolle auf diesem Gebiet zuzuweisen. Auf alle Fälle sollte ein wie immer geartetes Kontrollsystem nicht zu kompliziert und zu kostenintensiv sein.

#### **Fachgespräch: Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Hyperthermie**

*E. Vogel, O. Schulz, J. Bernhardt*

Am 3. Dezember 1997 fand im Institut für Strahlenhygiene ein Fachgespräch zum Stand von Anwendung, Forschung, Technik und Sicherheit der lokoregionalen Hyperthermie in Deutschland statt.

Vertreter der wichtigsten Hyperthermiezentren waren zu Vorträgen und zur Diskussion geladen. Die Referenten berichteten über die Themen:

- Biologische Basis für eine Tumorthherapie durch Hyperthermie,
- Hyperthermie kombiniert mit Chemotherapie,
- Hyperthermie kombiniert mit Strahlentherapie,
- Neue Entwicklungen in Forschung und Klinik sowie:
- Möglichkeiten der Qualitätskontrolle.

Fortschritte bei der Anwendung in Kombination mit Strahlentherapie oder Chemotherapie haben dazu geführt, daß die Hyperthermie mittlerweile nicht mehr nur zur palliativen sondern auch zur kurativen Behandlung herangezogen wird. Allerdings ist die regionale Hochfrequenzhyperthermie im onkologischen Konzept bisher noch keine standardisierte, in der klinischen Routine durchführbare Behand-

lungsmethode. Vielmehr sollte sie derzeit nur im Rahmen kontrollierter klinischer Studien angewendet werden. Zur Zeit vollzieht sich eine Optimierung des Verfahrens unter Berücksichtigung technologischer und tumorphysiologischer Gesichtspunkte sowie bisher vorliegender klinischer Studienprotokolle. Da im Zielvolumen Temperaturerhöhungen auf 42 °C bis 45 °C angestrebt werden, kommen Feldstärken elektromagnetischer Felder zur Anwendung, die deutlich oberhalb der beispielsweise für den Arbeitsschutz festgelegten Grenzwerte liegen. Es ist daher notwendig, eine Bewertung aus strahlenhygienischer Sicht vorzunehmen und dabei die Aspekte des Patientenschutzes, der Exposition des Personals und der Öffentlichkeit zu berücksichtigen.

Aus diesem Grund wurde mit den geladenen Experten in einer längeren Diskussionsrunde ein Konsensgespräch zu folgenden offenen Fragen geführt:

1. Anerkannte Behandlungsprotokolle und internationale Empfehlungen,
2. Protokolle zur Dosimetrie,
3. Stand der Qualitätssicherung und
4. Regelungen des Personenschutzes/der elektromagnetischen Verträglichkeit.

Die Ergebnisse des Fachgesprächs werden nach Prüfung des Protokolls von allen

Beteiligten in der einschlägigen Fachliteratur veröffentlicht.

---

### **Seminar „Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall“**

---

Unter der Leitung von Prof. Dr. A. Bayer (BfS) führte der Arbeitskreis Notfallschutz (AKN) des Fachverbandes für Strahlenschutz (FS) vom 8. bis 10. Oktober 1997 in München ein Seminar mit dem Titel „Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall“ durch.

Im Ereignisfall erfolgt die Informationsgewinnung bei den Anlagebetreibern und über die behördeneigenen Überwachungssysteme. Die Information geht zu den Behörden (geschlossener Kommunikationsbereich) sowie zu den Medien und der Bevölkerung (weitgehend zugänglicher Kommunikationsbereich). Bei den Behörden erfolgt neben der Bearbeitung der Information (Situation, Prognose, Bewertung, Empfehlung) ein Informationsaustausch im nationalen, bilateralen, supranationalen und internationalen Rahmen. Die Behörden informieren die politische Ebene (Regierung) und über diese das Parlament und die Öffentlichkeit (Medien und Bevölkerung). Die Information der Bevölkerung erfolgt direkt (u. a. Videotext, T-Online, Internet) und

über Massenmedien (Presse, Hörfunk, Fernsehen). Es gibt eine Reihe von Problemen, die nicht leicht bzw. nur langfristig lösbar sind. Diese liegen in den Bereichen: Informationsangebot und -nachfrage, Kommunikation, Wahrnehmung und Auswahl von Informationen durch die Bevölkerung.

Die 35 Vorträge waren gegliedert in folgende Themenbereiche:

- Information von Behörden, Medien und Bevölkerung durch die Anlagenbetreiber
- Information der regionalen, nationalen und internationalen Behörden einschließlich ihrer Beratungsgremien
- Information der Medien und der Bevölkerung durch die Behörden
- Erfahrungen bei Ereignissen und Übungen
- Mittlerfunktion von Medien zwischen Anlagenbetreiber/Behörden und Bevölkerung sowie
- Erwartungen der Medien im Ereignisfall

Die Vorträge wurden in einem Seminarband veröffentlicht, dessen Anhang auch Auszüge von aktuellen Vorschriften der EU und Deutschlands bezüglich der Information der Bevölkerung enthält. An der Veranstaltung nahmen ca. 150 Teilnehmer aus Deutschland, der Schweiz, Österreich, Luxemburg und den Niederlanden teil.

# Fachbereich Strahlenhygiene

## Internationale Zusammenarbeit

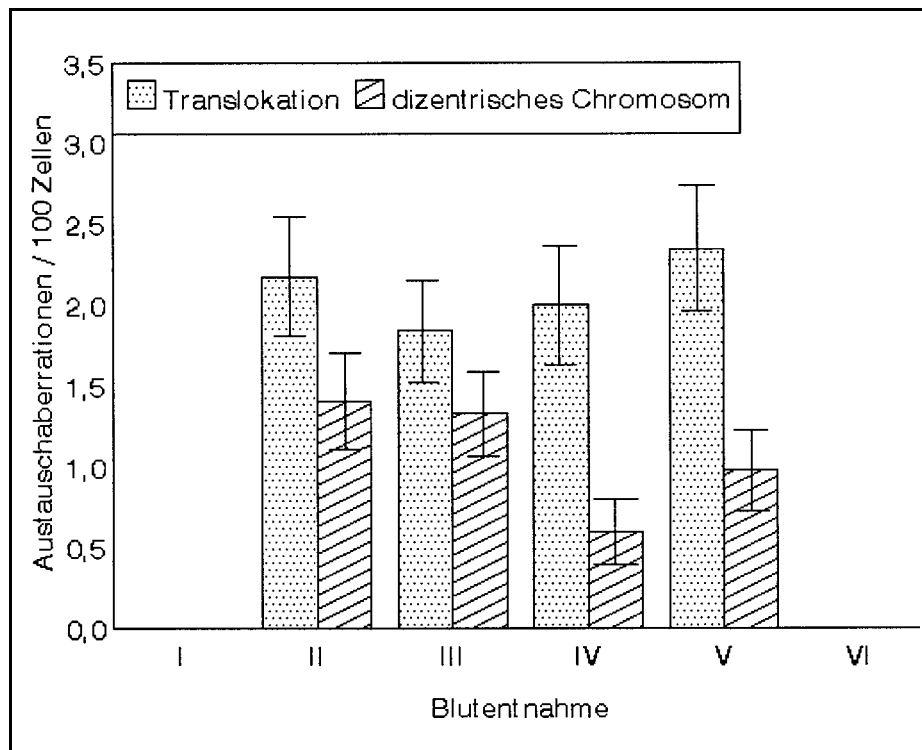
### Internationale Vorhaben auf dem Gebiet der Zytogenetik

G. Stephan, S. Pressl, H. Romm, M. Reisinge, S. Wenzel, D. Westpfahl

Im Rahmen einer Concerted Action der Europäischen Union „The Use of FISH Technique for Biological Dosimetry“ wird die Persistenz von Translokationen untersucht, um Information darüber zu gewinnen, ob diese Aberration für den retrospektiven Nachweis von Strahlenexposition geeignet ist.

Die Concerted Action, an der 9 europäische zytogenetische Arbeitsgruppen teilnehmen, begann im Januar 1997 und läuft für 2,5 Jahre. Im wesentlichen soll die Brauchbarkeit der Translokationen für eine retrospektive Dosisabschätzung untersucht werden. Die Voraussetzung für eine retrospektive Dosisrekonstruktion ist die Persistenz der Translokationen. Entsprechende Untersuchungen werden an Personen durchgeführt, die 1994 von einem Strahlenunfall betroffen waren und im Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, Helsinki, betreut werden. Den Personen, die Dosen von etwa 1 – 2 Gy erhalten haben, wird in zeitlicher Folge Blut entnommen und Chromosomenpräparate gefertigt, die an verschiedene Arbeitsgruppen versandt werden.

Bisher haben wir von einer Person 6 Proben erhalten, die im Verlaufe von 1,5 Jahren entnommen wurden. Diese Präparate wurden mit spezifischen DNS-Sonden für die Chromosomen 2, 4 und 8 mit FITC gefärbt. Parallel wurden die Zentromere mit AMCA markiert und als Gegenfärbung die Zentromere mit Propidiumiodid. Insgesamt wurden 7953 Zellen ausgewertet. Die gefundenen Häufigkeiten an symmetrischen Translokationen und dizentrischen Chromosomen sind in **Abbildung S-24** dargestellt. Von Blutentnahme I und VI sind noch nicht ausreichend viele Zellen ausgewertet. Die Häufigkeit der Translokationen scheint für das untersuchte Zeitintervall konstant zu bleiben, während sich für die dizentrischen Chromosomen eine Abnahme mit der Zeit andeutet. Ein Vergleich zwischen den Arbeitsgruppen, die entsprechende Fälle analysiert haben, ergab eine gute



**Abbildung S-24**  
Häufigkeit an Translokationen und dizentrischen Chromosomen im Lauf der Zeit bei einer strahlenexponierten Person

Übereinstimmung sowohl die Persistenz der Aberrationen als auch die Häufigkeit der Translokationen betreffend. Es ist beabsichtigt, diesen Vergleich mit weiteren Proben auszudehnen.

Im Rahmen einer Arbeit zur Erlangung des Master of Science wurde mit dem St. Bartholomew's and Royal London Hospital School of Medistry and Dentistry der Universität von London zusammengearbeitet. Es wurden unter anderem bei beruflich strahlenexponierten Personen aus Bulgarien Chromosomenanalysen durchgeführt. Es kam sowohl die konventionelle Chromosomenanalyse (FPG-Technik) als auch die Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierungs-Technik zum Einsatz. Die physikalisch registrierten Dosen lagen bei den Personen zwischen 20 und 200 mSv. Bei zwei Personen lag eine unfallbedingte Strahlenexposition vor. Eine Person davon stand 1994 für etwa 20 min in einem mit Kobalt-60 kontaminierten Bereich. Mit beiden Techniken konnte keine erhöhte Aberrationshäufigkeit beobachtet werden. Bei der anderen Person erfolgte 1974 oder

1975 ein Strahlenunfall mit Ra-Be-Quelle. Die linke Kopfseite wurde für ca. 20 min exponiert. Nach zwei Wochen trat Haar ausfall in der Gegend des linken Ohres auf. 1979 wurde ein Katarakt des linken Auges diagnostiziert, einige Jahre später auch auf dem rechten Auge. Mit der FPG Technik werden dizentrische Chromosomen erfaßt, die als instabile Aberrationen mit einer biologischen Halbwertszeit von 3 Jahren aus dem peripheren Blut verschwinden. Mit der FISH-Technik werden stabile Aberrationen analysiert, deren Häufigkeit über Jahre im peripheren Blut erhalten bleiben. Mit beiden Techniken konnte keine Strahlenexposition nachgewiesen werden. Dieser Effekt ist nicht überraschend, wenn man davon ausgeht, daß die Epilationsdosis bei 3 Gy liegt und der Kopf weniger als 10 % des Körpervolumens ausmacht bzw. des blutbildenden Gewebes beinhaltet.

Zusammen mit dem Kazakh Scientific Institute for Radiation Medicine and Ecology werden Chromosomenanalysen bei Personen durchgeführt, die in dem Atombom-

bentestgebiet der ehemaligen Sowjetunion leben. Die Ergebnisse sollen der Unterstützung der physikalischen Dosisabschätzungen dienen und Berücksichtigung bei epidemiologischen Studien finden. Personen, die seit dem ersten Atombombenversuch 1945 in diesem Gebiet leben, sollen Dosen bis zu 2 Gy erhalten haben. Zur Anwendung wird vornehmlich die FISH-Technik kommen, um die stabilen Translokationen zu erfassen. Erste stichprobenartige Untersuchungen mit der konventionellen Chromosomenanalyse zeigen eine erhöhte Häufigkeit dizentrischer Chromosomen bei diesen Personen.

---

***EU-Forschungsvorhaben „Evolution of genetic damage in relation to cell-cycle control: A molecular analysis of mechanisms relevant for low dose effects“***

---

*T. Jung*

Das Fachgebiet Nuklearbiologie/Strahlenbiochemie koordiniert das von der Europäischen Kommission geförderte Forschungsvorhaben „Evolution of genetic damage in relation to cell-cycle control: A molecular analysis of mechanisms relevant for low dose effects“ an dem 5 Partner aus 4 Ländern beteiligt sind. Die experimentellen Untersuchungen wurden mit Anfang des Jahres 1997 begonnen und werden über einen Zeitraum von 30 Monaten durchgeführt.

Das Vorhaben hat zum Ziel, die Mechanismen verstehen zu lernen, wie die strahleninduzierten Veränderungen des Zellzyklus die Umwandlung des primären Strahlenschadens in vererbte zelluläre Veränderungen, die sich in Form von reproduktivem Zelltod, chromosomalen Aberrationen, Mutationen, malignen Transformationen, Störungen der Embryonalentwicklung und der Differenzierung somatischer Zellen in Erwachsenen ausprägt, beeinflusst. Alle diese Aspekte spielen eine zentrale Rolle in Bewertung des Risikos kleiner Strahlendosen.

Der Übergang von der G1- zur DNA-Synthese- und von der G2-Phase zur Mitose sind die kritischen Zellzyklusphasen, die das Schicksal einer bestrahlten Zelle bestimmen. Als Reaktion auf eine Bestrahlung halten Zellen an diesen Übergangsstellen im Zellzyklus vorübergehend inne und nutzen die gewonnene Zeit zur Reparatur von Schäden. Sobald eine Zelle die Mitose erreicht hat, ist ein verbleibender DNA-Schaden nicht mehr reparierbar.

Das Voranschreiten im Zellzyklus wird kontrolliert durch eine Familie von Enzymkomplexen. Diese bestehen aus einer cyclin-abhängigen Proteinkinase (cdk) als katalytischer und aus einem Cyclin als regulatorischer Einheit. Der Komplex wird reguliert durch den Phosphorylierungsstatus der cdk-Einheit und die Synthese bzw. den Abbau des Cyclins. Auf das Signal „DNA-Schaden“ hin wird die cdk-Einheit phosphoryliert und damit inaktiviert. Dies führt unmittelbar zum Zellzyklusarrest. Der Wiederaufnahme der Zellzyklusaktivität geht die Dephosphorylierung der cdk-Einheit und damit die Aktivierung des Proteinkinasekomplexes unmittelbar voraus.

Im Vorhaben wird der strahleninduzierte DNA-Schaden unmittelbar nach Bestrahlung, im strahleninduzierten G2-Phasearrest und nach Aufhebung des Zellzyklusblocks untersucht. Untersucht werden chromosomale Aberrationen in der Mitose und nach vorzeitig eingeleiteter Chromosomenkondensation, und DNA-Einzel- und -Doppelstrangbrüche mit Hilfe des Comet-Assays.

Die cdk/Cyclin-Komplexe werden hinsichtlich ihrer Kinaseaktivität, dem Phosphorylierungsgrad und des Metabolismus in bestrahlten und unbehandelten Zellen untersucht. Mit Hilfe molekularbiologischer Arbeitstechniken werden Zellen mit menschlichen Genen transfektiert, die für die Einheiten des zellzyklus-regulierenden Enzymkomplexes kodieren. Somit ist es möglich spezifisch einzelne zelluläre Schritte im Zellzyklus nach Bestrahlung zu modifizieren und die Auswirkungen auf den heritablen Strahlenschaden zu untersuchen.

---

***CRPPH Expert Group on Worker Characterisation der OECD***

---

*G. Frasch*

**Hintergrund und Zielsetzung**

Die Arbeitsgruppe wurde auf Veranlassung des Committee for Radiation Protection and Public Health (CRPPH) der OECD/NEA gegründet.

ICRP 60 betont die Optimierung des Strahlenschutzes beruflich strahlenexponierter Personen bezüglich individueller und kollektiver Dosen. Erforderlich für eine Optimierung ist hierzu u. a. auch die vergleichbare Erfassung beruflicher Expositionsbedingungen. Sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene sollen statistische Vergleiche der Expositionsverhältnisse beim berufsbedingten Umgang mit ionisierender Strahlung möglich sein.

Die zur Beschreibung der beruflichen Expositionsbedingungen verwendeten nationalen Klassifikationsschemata sind jedoch zwischen den Ländern sehr uneinheitlich und für unmittelbare Vergleiche oft nur mit erheblichen Einschränkungen geeignet. Der Arbeitskreis ist sich darüber einig, daß es weder möglich noch sinnvoll ist, die eingeführten nationalen Systeme durch ein einheitliches internationales System abzulösen. Vielmehr soll der Vergleich der verschiedenen Systeme zeigen, was sich international als gute Praxis bewährt hat, um z. B. solchen Ländern, die mit einer nationalen Überwachung des beruflichen Strahlenschutzes eher am Anfang stehen, eine Orientierung geben zu können.

**Erhebung und Auswertung**

Um einen Überblick über die derzeit international verwendeten Klassifikationen zu bekommen, wurde zu Beginn des Jahres in den OECD-Ländern eine Erhebung durchgeführt. Alle Klassifikationen, welche in den antwortenden Ländern derzeit verwendet werden, wurden zusammengestellt und verglichen. Die Auswertung er-

gab ein sehr heterogenes Bild. Genannt wurde bei den vorgegebenen Dimensionen „Worker Categories“ und „Facility Types“ eine Vielfalt an einzelnen Begriffen und Kategorien. Sowohl deren Verwendung als auch der Grad der Detaillierung ist in den verschiedenen Ländern sehr unterschiedlich. Dies hängt zum einen damit zusammen, daß Begriffe wie z. B. „Worker Category“ nicht explizit definiert sind, so daß ihnen unterschiedliche semantische Bedeutungen (z. B. im Sinne von Beruf, beruflicher Tätigkeit, Arbeitsbereich) unterlegt werden, ein Umstand, der durch Übersetzungen aus den verschiedenen Landessprachen ins Englische noch verstärkt wird.

In den Diskussionen wurde außerdem deutlich, daß in den Entscheidungsprozeß, nach welcher Systematik kategorisiert werden soll, verschiedene Kriterien einfließen. Neben dem sicher dominierenden Aspekt der Strahlenexposition spielen in der Praxis auch noch andere Gesichtspunkte eine Rolle. So werden pragmatische Gründe (Verwendung eines existierenden Berufeschlüssels), administrative Vorgaben (Verwendung eingeführter (Rechts)begriffe) oder politische Motive (Berücksichtigung von Interessenlagen) genannt.

Beim Herausarbeiten der begrifflichen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den genannten Kategorien entschied man sich für eine Sortierung nach den Dimensionen „Arbeitsbereich“ und „Beruf“. Bei den Arbeitsbereichen wurde nahezu vollständig das zweistufige an „Strahlenquellen“ orientierte Schema „Occupational Categories“ des „Global Survey of Occupational Radiation Exposure 1990–1994“ von UNSCEAR zugrundegelegt und in Details ergänzt. Bei den Berufen übernahm man nahezu vollständig das Schema des Department of Energy der USA, das wiederum auf der International Standard Classification of Occupations ISCO-88 aufbaut.

### Weiteres Vorgehen

Inwieweit die beiden gewählten Dimensionen praxisrelevant sind, bedarf jedoch einer Prüfung. Deshalb reichten die Mitglie-

der des Arbeitskreises diese Matrix an zahlreiche Experten in ihren Heimatländern weiter und baten sie Zuordnungen vorzunehmen bzw. kritische Stellungnahmen hinsichtlich der Praxisnähe abzugeben. Die Auswertung erfolgt in der 3. Sitzung zum Ende des Jahres 1997 und soll zeigen, in welchen Arbeitsbereichen welche Berufe vorkommen und inwieweit die zugrundegelegte Matrix praktikabel ist.

### **Neue Grenzwertempfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung**

*J.H. Bernhardt, R. Matthes*

Die Bundesrepublik hat sich in der seit dem 1. Januar 1997 gültigen „Verordnung über elektromagnetische Felder“ auf die übereinstimmenden Grenzwertempfehlungen der Strahlenschutzkommission, der Internationalen Strahlenschutzvereinigung (IRPA) und der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) gestützt. Jetzt hat ICNIRP die Überarbeitung früherer Grenzwertempfehlungen abgeschlossen, in denen die Gesamtwerte der Verordnung bestätigt wurden.

### **Ausgangspunkt der Diskussion**

In den letzten Jahren hat die Zahl und Vielfalt der Quellen elektromagnetischer Felder (EMF), die für den individuellen Bedarf und für gewerbliche und industrielle Zwecke verwendet werden, in einem noch nie dagewesenen Ausmaß zugenommen. Zu diesen Quellen zählen u. a. Fernseher, Radio, Computer, Mobiltelefone, Mikrowellenherde, Radar und Einrichtungen wie sie in der Industrie, in der Medizin und im Handel verwendet werden.

Gleichzeitig haben diese Technologien auch Bedenken über mögliche gesundheitliche Gefahren ausgelöst, die in bezug auf die Sicherheit von Mobiltelefonen, Starkstromleitungen und „Radarpistolen“,

die zur polizeilichen Geschwindigkeitskontrolle verwendet werden, bestehen. Wissenschaftlichen Berichten zufolge könnte der Einfluß elektromagnetischer Felder, die von diesen Geräten emittiert werden, schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit haben und z. B. zu Krebs, verminderter Fruchtbarkeit, Gedächtnisverlust und nachteiligen Veränderungen im Verhalten und in der Entwicklung von Kindern führen. Die denkbaren gesundheitlichen Auswirkungen können noch nicht abschließend beurteilt werden, zumal insbesondere für die Krebsentstehung trotz intensiver Forschungsaktivitäten kein biologischer Wirkungsmechanismus gefunden werden konnte. Für bestimmte Arten elektromagnetischer Felder ist bei den vorkommenden geringen Intensitäten das gesundheitliche Risiko als sehr gering oder nicht existent einzuschätzen.

### **International abgestimmte Bewertungen erforderlich**

Eine unabhängige wissenschaftliche Bewertung der Forschungsergebnisse über biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder und möglicher gesundheitlicher Auswirkungen erfordert nicht nur eine interdisziplinäre Zusammenarbeit auf den Gebieten Dosimetrie, Biophysik, Medizin, Zell- und Tierbiologie, Neurophysiologie und Epidemiologie, sondern

- eine kritische und fundierte Bewertung der Literatur,
- die Beachtung von anerkannten Qualitätskriterien,
- eine Unterscheidung zwischen bestätigten und vorläufigen (unbestätigten) Forschungsergebnissen,
- eine Bewertung im Hinblick auf die Relevanz für gesundheitlich nachteilige Wirkungen, und
- die Identifizierung der Kenntnislücken für bestehenden Forschungsbedarf.

Dieser Aufgabe widmet sich unter anderem die internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) als wissenschaftlich unabhängige „Non Governmental“ Organisation. ICNIRP ist von der Weltgesundheitsorga-

nisation (WHO), der internationalen Arbeitsorganisation (ILO), und der Europäischen Union als kompetente Organisation für die Grenzwertfestlegung im Bereich der nichtionisierenden Strahlung anerkannt. ICNIRP ist 1992 aus einem internationalen Komitee der IRPA (internationale Strahlenschutzvereinigung) hervorgegangen und hat eine ähnliche Struktur wie die internationale Kommission für den Strahlenschutz (ICRP), die für Fragen der gesundheitlichen Bewertung ionisierender Strahlen zuständig ist. ICNIRP besteht derzeit aus 14 Mitgliedern aus 11 Ländern, hat 3 ständige Komitees für Epidemiologie, Biologie sowie Physik und Technik und ist zur Zeit in Deutschland als gemeinnütziger Verein eingetragen. Zu den Hauptaufgaben gehören in Zusammenarbeit mit der WHO die Sammlung von Informationen über biologische Wirkungen, die Vorbereitung der wissenschaftlichen Basis zur Bewertung gesundheitlicher Auswirkungen nichtionisierender Strahlung und die Erarbeitung der grundlegenden Gesundheitskriterien. Ein wichtiger Arbeitsschwerpunkt sind Empfehlungen von Expositionsgrenzwerten für Berufstätige, Bevölkerung und Patienten sowie Stellungnahmen zu aktuellen strahlenhygienischen Fragen (z. B. Mobilfunk, Solarien, Bildschirmgeräte). In Zusammenarbeit mit ILO werden Leitfäden für praktische Maßnahmen zur sicheren Anwendung nichtionisierender Strahlung an Arbeitsplätzen erarbeitet.

### **Grenzwertempfehlungen für elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (EMF)**

Die EMF Aktivitäten waren wichtige Arbeitsschwerpunkte der Kommission in den letzten Jahren. Für die Erarbeitung von Grenzwertempfehlungen hat die Kommission die biologischen Effekte identifiziert, die zu negativen gesundheitlichen Wirkungen führen können. Dabei wurden nur wissenschaftlich bestätigte Daten berücksichtigt, die aus Laboruntersuchungen (z. B. Experimente an isolierten Zellen, Organen oder an Tieren) oder aus

epidemiologischen Untersuchungen gewonnen wurden.

Besonders kontrovers werden epidemiologische Untersuchungen diskutiert, die in der Wohnumgebung oder am Arbeitsplatz durchgeführt wurden sowie Hinweise auf Zusammenhänge zwischen der Exposition durch elektromagnetische Felder und verschiedenen Erkrankungen wie Leukämie, Gehirnkrebs oder Brustkrebs berichten. Typisch für die meisten Studien sind kleine Fallzahlen und relativ geringe Risikoerhöhungen (typisch Faktor 2). Die Schwächen der meisten Studien sind nicht nur Mängel in der Dosimetrie oder in der Auswahl der Kontrollen (andere Einflusfaktoren?), sondern auch Widersprüche bei unterschiedlichen Studien und vor allem das Fehlen einer biologischen Plausibilität. Elektrische oder magnetische Felder, wie sie in unserer Umwelt vorkommen, erzeugen im Körper des Menschen schwache elektrische Ströme. Diese sind viele hundertmal kleiner als die durch die elektrochemischen Vorgänge in unserem Körper (z. B. bei Herz- und Gehirntätigkeit) natürlicherweise entstehenden elektrischen Ströme. Daher sind nicht nur die Wirkungsmechanismen unbekannt, die für die epidemiologischen Hinweise verantwortlich sein könnten, es gibt auch keine wissenschaftliche Unterstützung durch Ergebnisse aus Laboruntersuchungen.

Generell sind elektromagnetische Felder unserer Energieversorgung zu energiearm, um eine Änderung an der DNS zu bewirken. Hinweise auf eine Tumorpromotion sind bisher nicht einheitlich. ICNIRP kommt daher bei der Bewertung epidemiologischer Studien zu dem Schluß, daß die auf Krebs bezogenen Daten keine Grundlage für die Bewertung des Gesundheitsrisikos bei der Exposition des Menschen durch elektromagnetische Felder darstellen. Sie können nicht verwendet werden, um quantitative Begrenzungen für eine Exposition (Grenzwerte) festzulegen. Die Grenzwerte gründen sich daher auf die wissenschaftlich gesicherten Ergebnisse über akute Wirkungen elektromagnetischer Felder unter Berücksichtigung von Sicherheitsfaktoren. Diese sind erforderlich, um Extrapolationen tierexperimenteller Ergebnisse auf Verhältnisse beim Menschen sowie den Mangel an ge-

nauen Daten über gesundheitliche Auswirkungen zu berücksichtigen, aber auch, um die Empfindlichkeit unterschiedlicher Personengruppen (einschl. Gesundheitsstatus und Alter) abzudecken.

ICNIRP unterscheidet bei den Grenzwertempfehlungen Basisgrenzwerte sowie für die Praxis abgeleitete Referenz- oder Richtwerte. Die Basisgrenzwerte gründen sich auf wissenschaftlich gesicherte Ergebnisse über akute Wirkungen unter Berücksichtigung von Sicherheitsfaktoren. Sie sind unterschiedlich für beruflich Exponierte und für Personen der Bevölkerung und unter allen Umständen einzuhalten. Je nach Frequenzbereich werden folgende Basisgrenzwerte unterschieden:

- 1 Hz bis 10 MHz: Stromdichten als Basisgrenzwerte zum Schutz vor Effekten am Nervensystem,
- 100 kHz bis 10 GHz: Spezifische Energieabsorptionsrate (SAR) als Basisgrenzwert zum Schutz vor Hitzestress und lokaler Überhitzung,
- 10 GHz bis 300 GHz: Leistungsflußdichte als Basisgrenzwerte zum Schutz vor Überhitzung oberflächennaher Strukturen.

Da Größen wie Körperstromdichten oder Energieabsorption der Messung schwer zugänglich sind, werden für die Praxis Referenz- oder Richtwerte gebraucht, die der Messung oder Berechnung leichter zugänglich sind, z. B. elektrische und magnetische Feldstärken. Diese Referenz- oder Richtwerte werden aus den Basisgrenzwerten unter Annahme ungünstiger Expositionsbedingungen abgeleitet. Die Einhaltung der Richtwerte stellt sicher, daß die Basisgrenzwerte unterschritten werden. Eine Überschreitung der Richtwerte bedeutet nicht automatisch, daß auch die Basisgrenzwerte überschritten sind. Unter besonderen Bedingungen, z. B. an Arbeitsplätzen mit Exposition im Nahfeldbereich von Antennen ist es erlaubt, Richtwerte zu überschreiten, vorausgesetzt, die Einhaltung der Basisgrenzwerte ist sichergestellt. Dazu sind jeweils den Einzelfall berücksichtigende Spezialüberlegungen erforderlich.

Zusätzlich enthalten die Grenzwertempfehlungen noch Hinweise für die Berück-



sichtigung der gleichzeitigen Exposition durch Felder unterschiedlicher Frequenzen, sowie Richtwerte für zulässige Kontaktströme, die bei Berührung leitfähiger Strukturen entstehen können; diese Richtwerte sollen Schmerzempfindungen vermeiden.

Details können den ICNIRP-Guidelines entnommen werden, die in „Health Physics“ erschienen sind.

Abschließend muß darauf hingewiesen werden, daß die Grenzwertempfehlungen Gerätestandards nicht berücksichtigt. Diese Standards wurden eingeführt, um die EMF-Emission aus Geräten zu begrenzen (z. B. für Mikrowellenkochgeräte). Ebenso wenig werden Meß- und Berechnungsverfahren empfohlen, die erforderlich sind, um die physikalischen Größen zu bestimmen, die als Referenz- oder Richtwerte verwendet werden. Die Einhaltung der empfohlenen Grenzwerte bedeutet nicht, daß beispielsweise Störbeeinflussungen oder Wirkungen auf Medizingeräte wie Herzschrittmacher, Defibrillatoren oder Innenohrimplantate ausgeschlossen sind. ICNIRP ist der Auffassung, daß diese Fragen über technische Regelwerke zu lösen sind und bei der Entwicklung neuer Geräte berücksichtigt werden sollten. Zudem wird auf Informationen in der Fachliteratur (z. B. Dokumente der Weltgesundheitsorganisation) hingewiesen.

---

### **IAEA Safety Guide „Radiation Protection in Medical Exposure“**

---

B. Bauer

Bei der IAEA fand vom 6. bis 10. Oktober 1997 in Wien ein *advisory group meeting* statt, auf dem ein Textentwurf eines *Safety Guide* über den Strahlenschutz bei medizinischer Exposition beraten wurde. Diese Sicherheitsrichtlinie soll den *Regulatory Authorities*, den für den Strahlenschutz zuständigen Behörden der Mitgliedstaaten die im Anhang II der Grundlegenden Sicherheitsnormen (*Basic Safety Standard – BSS*) von 1996 genannten grundlegenden Sicherheitsgedanken für den Strahlenschutz in der Medizin näher erläutern. Diese Sicherheitsrichtlinien stellen keine

absoluten Regulative dar, sondern sind auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse in Arbeitsgruppensitzungen von Fachleuten erarbeitete und international anerkannte Empfehlungen, wie der Strahlenschutz in der Medizin geregelt werden sollte.

Die IAEA ist sich dabei bewußt, daß zwischen den Mitgliedstaaten erhebliche Unterschiede hinsichtlich der vorhandenen Einrichtungen und Anlagen, der Häufigkeit der Strahlenanwendung, dem Vorhandensein qualifizierten Personals und der finanziellen Möglichkeiten zur Durchführung des Strahlenschutzes nach diesen Empfehlungen bestehen.

Die IAEA legt großen Wert darauf, daß Definitionen und Formulierungen der BSS als unveränderliche Grundlage übernommen werden, ohne daß der Text weitgehend aus wörtlichen Zitaten besteht. Nach ausführlicher Grundsatzdiskussion wurde beschlossen, den vorliegenden Textentwurf der IAEA vollständig zu überarbeiten, die bisher häufigen Wiederholungen bestimmter Textpassagen in den einzelnen Kapiteln zu vermeiden und die ausführlichen wörtlichen Zitate der BSS möglichst zu entfernen. Statt dessen soll der gesamte Anhang II der BSS im Anhang zu der jetzigen IAEA-Sicherheitsrichtlinie abgedruckt werden. Die Begründung war, daß die Adressaten der Sicherheitsrichtlinie, die zuständigen Regulativorgane der Mitgliedstaaten der IAEA, bei der Erarbeitung ihrer gesetzlichen und untergesetzlichen Regelungen nicht parallel auf zwei Texte zurückgreifen müssen.

In der Einleitung wird zunächst die medizinische Exposition von der beruflichen und der Exposition der Allgemeinbevölkerung abgegrenzt. Unter medizinischer Exposition versteht die IAEA die Exposition von Individuen für diagnostische oder therapeutische Zwecke einschließlich von Untersuchungen bei medizinisch-rechtlichen Fragestellungen und bei Reihenuntersuchungen, die Exposition von helfenden Personen im Sinne von Artikel 1 Absatz 3 der Patientenschutzrichtlinie 97/43/Euratom sowie der Exposition von Probanden im Rahmen von biomedizinischen oder klinischen Forschungsvorhaben.

Der Text zur Strahlentherapie konnte wegen der hier bestehenden größeren Schwierigkeiten noch nicht fertiggestellt werden. Da bei der Strahlentherapie im Gegensatz zur Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin die Strahlenexposition nicht notwendiges Übel sondern das Ziel der Maßnahme ist, deterministische Wirkungen also erwünscht sind, und entsprechend die Dosen und damit das Gefährdungspotential hoch ist, müssen hier detailliertere Anforderungen an die Qualifikation des Personals und die Sicherheitstechnik der Anlagen gestellt werden.

Schwierigkeiten ergaben sich in sprachlicher Hinsicht. Die IAEA verwendet zum Teil andere englische Fachausdrücke als z. B. die ICRP und die EU. So bedeutet z. B. *prescription* in der BSS der IAEA und dem hier zu bearbeitenden Folgepapier das Festlegen, ob und in welcher Weise Strahlen am Menschen zu medizinischen Zwecken angewendet werden. In der Patientenschutzrichtlinie 97/43/EURATOM ist der *prescriber* jedoch der Arzt, der eine Strahlenanwendung wünscht, die von einem entsprechend qualifizierten, d. h. fachkundigem Arzt nach Überprüfung der Indikation durchzuführen wäre. Dies entspricht etwa dem deutschen Begriff des überweisenden Arztes.

Auch verwendet die IAEA in den BSS und dem neuen Text den Begriff *guidance levels* während die ICRP in ihrer Veröffentlichung 73 den Begriff *diagnostic reference levels* geprägt hat, der in die Patientenschutzrichtlinie der EU übernommen wurde.

Eine längere Diskussion ohne definitives Ergebnis wurde auch um den Begriff *acceptance test* geführt. Die meisten Anwesenden wollten dem strengen Wortsinn nach dies als Aufgabe des Betreibers festschreiben, der zu prüfen habe, ob die Anlage oder Einrichtung den geforderten Qualifikationen entspricht. Unter dem Hinweis auf die Unmöglichkeit für die meisten Anwender, im allgemeinen Ärzte, technische Parameter einer Röntgeneinrichtung oder Bestrahlungsanlage zu prüfen, und auf die Gesetzeslage widersprachen Prof. Vaño (Spanien) und ich. Wir vertraten die Meinung, dies sei entsprechend dem deutschen Begriff „Abnahmeprüfung“ Aufgabe des Herstellers oder Lieferanten, der

nach der Installation in einer abschließenden Prüfung die Übereinstimmung mit den Qualitätsanforderungen zu beweisen habe.

Um eine begriffliche Sicherheit zu schaffen, wurde deswegen beschlossen, umfangreiche Begriffsbestimmungen (*glossary*) im Anhang zu dem Papier zu formulieren.

Bei der Übersetzung von international abgestimmten englischsprachigen Texten ins Deutsche empfiehlt es sich meines Erachtens daher, nicht unbedingt eine wörtliche Übertragung aller verwendeten Worte vorzunehmen, sondern vielmehr die in den Texten verwendeten Definitionen daraufhin zu prüfen, mit welchem deutschen Wort diese Begriffsbestimmungen am besten wiedergegeben werden.

Die IAEA plant, weitere Sicherheitsrichtlinien zu den Unterthemen Diagnostische Radiologie, Nuklearmedizin und Strahlentherapie herauszugeben.

### **CEC-Training Workshop „Reference Doses and Quality in Medical Imaging – what the referring practitioner and the directing medical staff should know“**

R. Veit, B. Bauer, F. Stieve

Vom 23. bis 25. Oktober 1997 fand in Luxemburg ein Workshop über Referenzdosen und Bildqualität bei der bildgebenden medizinischen Diagnostik statt. Er wurde gemeinsam von der Europäischen Kommission von der Generaldirektion für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung, Abt. Strahlenschutzforschung und der Generaldirektion für Umwelt, Nukleare Sicherheit und Zivilschutz, Abt. Strahlenschutz sowie vom Institut für Strahlenhygiene des BfS ausgerichtet. Seine wesentlichen Ziele waren die Einführung in das Konzept der diagnostischen Referenzwerte entsprechend der Publikation 73 der ICRP und die Vorstellung von Verfahrensweisen bzw. Mechanismen zur Aufstellung von Referenzdosiswerten, wie sie in der Europäischen Richtlinie 97/43/EURATOM

den Mitgliedsstaaten der EU zur Pflicht gemacht wurde. Dabei sollten verschiedene Methoden der Dosismessung bzw. der Dosisermittlung diskutiert und der Zusammenhang von Patientendosis und Bildqualität bzw. Qualität der diagnostischen Information dargestellt werden.

Es wurde ausführlich auf die historische Entwicklung eingegangen. Bei Patientendosiserhebungen in europäischen Staaten und in den USA zeigte sich immer wieder, daß die Varianz der Patientendosen von gleichartigen Untersuchungen sehr groß war und oft bis zu 2 Größenordnungen und mehr betrug. Das veranlaßte die ICRP, erstmals 1990 in ihrer Publikation 60, den Gebrauch von „investigation levels“ als Maßnahme zur Optimierung des Strahlenschutzes bei medizinischer Exposition zu empfehlen. Bereits 1992 wurden im Vereinigten Königreich „reference doses“ für einige häufige Untersuchungsarten eingeführt, die als *investigation levels*, also Überprüfungswerte, wirken sollten, und auf den Werten der 75 %-Perzentilen der nationalen Verteilung gemessener Patientendosen beruhten.

In ihrer Publikation 73 „Strahlenschutz und Sicherheit in der Medizin“ beschreibt die ICRP 1996 das Prinzip der Optimierung des Strahlenschutzes bei medizinischer Exposition ausführlich. Sie empfiehlt darin die Verwendung von diagnostischen Referenzwerten für Patienten, die eine Art Überprüfungswert (*investigation level*) darstellen und sich auf eine leicht meßbare Größe beziehen, üblicherweise die Energiedosis in Luft an der Oberfläche eines Standardphantoms oder eines repräsentativen Patienten bzw. die verabreichte Aktivität. Die Referenzwerte dienen dazu, herauszufinden, wo Patientendosen ungewöhnlich hoch sind. Falls sie irgendwo beständig überschritten werden, soll eine Überprüfung der Verfahren und Geräte vor Ort erfolgen. Im Falle einer nicht angemessenen Optimierung des Strahlenschutzes sollten dann Maßnahmen zur Verringerung der Dosen getroffen werden. Die Referenzwerte bedeuten jedoch keine Trennlinie zwischen guter und schlechter Medizin.

Die Ausgangswerte sollen normalerweise von medizinischen Fachgremien als prozentualer Punkt aus einer beobachteten

Verteilung der Patientendosen ausgewählt werden und in vernünftigen Zeitabständen überprüft werden. Sie sollen für ein Land oder eine Region spezifisch sein. Diagnostische Referenzwerte sollen nur für übliche Untersuchungsarten und allgemein definierte Gerätearten gelten. Sie sollen nicht als präzise Grenzwerte verwendet werden, und es sollen auch nicht zu viele Referenzwerte eingeführt werden, denn „eine Vielfalt von Werten wird ihre Nützlichkeit verringern“. Für die Strahlentherapie ist die Anwendung von Referenzwerten nicht geeignet.

Durch die Richtlinie 97/43/EURATOM der Europäischen Kommission vom 30. Juni 1997 werden die Mitgliedstaaten verpflichtet, dieses Konzept der diagnostischen Referenzwerte in einen gesetzlichen Rahmen zu überführen. Nach deren Begriffsbestimmungen sind diagnostische Referenzwerte „Dosiswerte bei strahlendiagnostischen medizinischen Anwendungen oder, im Falle von Radiopharmaka, Aktivitätswerte“ für

- typische Untersuchungen,
- Gruppen von Patienten mit Standardmaßen oder Standardphantome,
- allgemein definierte Gerätearten.

Es wird erwartet, daß diese Werte bei Standardverfahren nicht überschritten werden, wenn sie hinsichtlich der diagnostischen und technischen Kriterien in guter und üblicher Weise durchgeführt werden.

Die Mitgliedsstaaten

- fördern die Erstellung und Anwendung diagnostischer Referenzwerte unter Berücksichtigung europäischer Referenzwerte (Art. 4 Abs. 2),
- sorgen dafür, daß bei jeder beständigen Überschreitung von Referenzwerten geeignete lokale Überprüfungen vorgenommen und gegebenenfalls Abhilfemaßnahmen getroffen werden (Art. 6 Abs. 5),
- sorgen dafür, daß Qualitätssicherungsprogramme einschließlich Ermittlung der Patientendosis oder der verabreichten Aktivität vom Betreiber der radiologischen Anlage durchgeführt werden (Art. 8 Abs. 2).

Ein weiterer Schwerpunkt des Workshops war die Erläuterung des Konzepts der Qualitätskriterien inklusive Referenzdosen in den europäischen Leitlinien. Bisher gibt es europäische Leitlinien zu Qualitätskriterien für röntgendiagnostische Aufnahmen bei Erwachsenen und bei Kindern (EUR 16260 und 16261) und ein Arbeitspapier zu Qualitätskriterien für CT (EUR 16262). Diese enthalten für häufige Untersuchungen diagnostische Anforderungen, also Bildkriterien und wichtige Bilddetails bezogen auf die darzustellende Anatomie, röntgentechnische Anforderungen mit Beispielen guter Technik und Referenzdosen. Die Referenzdosiswerte für Röntgenaufnahmen wurden aus Patientendosiserhebungen in Großbritannien und in ganz Europa abgeleitet und beziehen sich auf die Eintrittsdosis (in Englisch *Entrance Surface Dose* = ESD). Ihre numerischen Werte stellen ungefähr die Höhe der 75 %-Perzentile der beobachteten Dosisverteilung (Verteilung der Mittelwerte der beteiligten Röntgenabteilungen bzw. -praxen) dar.

Diese Referenzdosen repräsentieren also einen Standard, den ca. 75 % der Röntgenabteilungen bzw. Arztpraxen erfüllen. Die restlichen 25 % sollten entweder ihre Röntgengeräte oder ihre Technik ändern, um diese Dosiswerte zu erreichen. Das ist die Philosophie, die hinter der Einführung der Referenzdosiswerte in den europäischen Leitlinien steckt. Da sie keinen Optimalwert der Praxis darstellen, sollte eine weitere Verringerung der Dosen im Sinne des ALARA-Prinzips auch unterhalb des Referenzwertes angestrebt werden. Auf der anderen Seite ist jedoch immer darauf zu achten, daß die diagnostische Aussagekraft nicht unter dieser Dosisreduzierung leidet.

Die europäischen Leitlinien sollen in nächster Zeit verfeinert und ergänzt werden. Die Qualitätskriterien für CT werden gerade überarbeitet, wobei sich die Referenzdosiswerte auf den gewichteten CT-Dosisindex  $CTDI_w$ , als Maß für die Dosis einer CT-Schicht und auf das dose-length product (DLP) als Maß für die Dosis einer ganzen CT-Untersuchung, beziehen werden. Ferner ist an Leitlinien zu Qualitätskriterien inklusive Referenzdosen für Durchleuchtungen von Erwachsenen und Kindern, für

CT-Untersuchungen von Kindern und für die digitale Radiographie gedacht.

Das Thema „Dosimetrische Methoden für und Einfluß von Expositionsparametern auf die Aufstellung von Referenzdosen“ wurde ebenfalls ausführlich behandelt. Bei den Röntgenaufnahmen sind als Meßgröße die Hauteintrittsdosis (ESD), meßbar z. B. mit TLD, und das Dosisflächenprodukt (DFP), meßbar mit einer speziellen Ionisationskammer, gleichermaßen geeignet. Dagegen ist für komplexe Untersuchungen mit Durchleuchtung das DFP zu bevorzugen, am besten aufgeteilt in Anteile für Durchleuchtung und Aufnahmen. Bei der Mammographie scheint sich die Entrance Surface Air Kerma (ESAK) als Meßgröße durchzusetzen, wobei es aber noch gewisse Unterschiede zwischen Messungen an Patienten und Messungen am Phantom gibt. Für die CT wurde der gewichtete CT-Dosisindex als Meßgröße vorgeschlagen, der mit einer speziellen, 10 cm langen Ionisationskammer im PMMA-Phantom (Body and Head) gemessen wird. Daraus wird dann das DLP abgeleitet.

Bezüglich der Vorgehensweise bei der Aufstellung nationaler Referenzwerte und damit auch bezüglich der Umsetzung der Richtlinie 97/43/EURATOM gab es so gut wie keine Aussagen. Viele Staaten scheinen wohl die europäischen Referenzwerte stillschweigend zu übernehmen. Die nordischen Staaten haben eigene „guidance levels“ vorgeschlagen, die sich auf die Mittelwerte gemessener Dosisverteilungen beziehen. In der Schweiz wurde der mit dem Faktor 2 multiplizierte Mittelwert der gemessenen Dosisverteilung als Referenzwert vorgeschlagen. Die deutsche Vorgehensweise, die in 2 Expertengesprächen im April und Oktober 1997 vorbereitet worden war, wurde mit einem Poster vorgestellt. Bei Röntgenaufnahmen werden mittlere Dosiswerte aufgrund einer gemessenen Dosisverteilung von Aufnahmen, die streng nach den Leitlinien der Bundesärztekammer angefertigt wurden, ermittelt. Diese ergeben dann, multipliziert mit einem untersuchungsart-spezifischen Faktor, die Referenzdosen. Eine ausführliche Beschreibung findet sich im Kapitel *Veranstaltungen* unter Bauer, Veit und Bernhardt sowie Veit und Bauer über das

1. und 2. Fachgespräch über diagnostische Referenzwerte.

---

### **EU-Forschungsvorhaben „Biokinetics and Dosimetry of Incorporated Radio-nuclides“**

---

*D. Noßke, U. Buhl, S. Hornik,  
K. Karcher, H. Strauch*

Das Fachgebiet Nuklearmedizin des ISH beteiligt sich neben 9 weiteren Institutionen aus 5 Ländern der EU am EU-Forschungsvorhaben „Biokinetics and Dosimetry of Incorporated Radionuclides“. Dieses Vorhaben hat eine Laufzeit von Anfang 1996 bis Mitte 1999. Aufgaben dieses Forschungsvorhabens sind

- Arbeiten zur Entwicklung eines neuen biokineticen und dosimetrischen Modells für den Magen-Darm-Trakt einschließlich experimenteller Studien zur Bestimmung der gastrointestinalen Absorption,
- Arbeiten zur Entwicklung neuer biokinetic Modelle für systemische Aktivität einschließlich experimenteller Studien,
- die Ermittlung der lokalen Dosisverteilung bei Auger- und  $\alpha$ -Emittern und ihrer biologischen Effekte,
- die Implementierung neuer biokinetic und dosimetrischer Modelle in Computer-Codes und die Bestimmung der Variabilität von Dosiskoeffizienten.

Die Hauptarbeit unserer Arbeitsgruppe war 1997 die Implementierung biokinetic und dosimetrischer Modelle für den Fötus bei Aktivitätszufuhr durch die Mutter. Bei dieser Gelegenheit wurde auch unser Programm DOSAGE zur Berechnung altersabhängiger Dosiskoeffizienten dahingehend umgestellt, daß es die Berechnung der Werte der spezifischen effektiven Energie (SEE-Werte) übernimmt, was deren Handhabung bei eventuellen späteren Änderungen erleichtern wird. Es ist geplant, Berechnungen von Dosiskoeffizienten für den Fötus durchzuführen und die Ergebnisse mit denen von NRPB zu vergleichen.

Für die Mitarbeit bei der Entwicklung eines neuen biokinetischen und dosimetrischen Modells für den Magen-Darm-Trakt wurden Literaturrecherchen durchgeführt insbesondere zu möglichen Aktivitätsablagerungen an den Darmwänden und zum Transit verschiedener Substanzen durch die Speiseröhre. Eine Zusammenarbeit mit TNO in den Niederlanden wurde begonnen zu Methoden der Sensitivitätsanalyse, die bei der Modellentwicklung mit eingesetzt werden sollen.

### EU Projekt

#### „Reconstruction of internal doses from long-lived radionuclides following a large-scale radiation accident“

D. Noßke, K. Karcher

Vom Fachgebiet „Nuklearmedizin“ des ISH wird im Rahmen des INCO-COPERNICUS Programms der EU ein Vorhaben „Reconstruction of internal doses from long-lived radionuclides following a large-scale radiation accident“ koordiniert. Ziel der INCO-COPERNICUS Projekte sind gemeinsame Forschungsarbeiten von Institutionen aus mehreren EU- bzw. osteuropäischen Staaten, wobei die osteuropäischen Staaten den größeren finanziellen Zuschuß erhalten sollen. Teilnehmer an dem von uns koordinierten Projekt sind zusätzlich NRPB (Großbritannien), das Ukrainian Radiation Protection Board, Kiew, das Urals Research Center for Radiation Medicine, Chelyabinsk (Rußland), und die Universität Rostock. Das Vorhaben hat am 1. April 1996 mit einer Laufzeit von 30 Monaten begonnen.

Ziele dieses Vorhabens sind

- die Entwicklung von Methoden und Computer-Programmen zur Dosis-Rekonstruktion auf der Grundlage einer Vielzahl von Meßergebnissen,
- die rückwirkende Abschätzung der Dosis durch Strontium-90 in der Umgebung von Tschernobyl und im Südrural,
- die rückwirkende Abschätzung der Dosis durch Aktiniden in der Umgebung

von Tschernobyl einschließlich der Entwicklung von verfeinerten Meßmethoden,

- die Ermittlung biologischer Effekte von heißen Teilchen durch In-vitro-Experimente.

Die Hauptarbeit unserer Arbeitsgruppe war 1997 die Implementierung allgemeinerer Zufuhrfunktionen in unser DOSAGE Programm, wobei mit der Implementierung diskreter Funktionen begonnen wurde. Erste Anwendung dieser erweiterten Funktionalität waren Berechnungen der Strontium-Aktivitäten in Skelett und Ausscheidungen der Bewohner am Techa Fluß im Südrural mit typischen jährlichen Zufuhrwerten unter Verwendung der neuesten ICRP Modelle zum Vergleich mit Meßwerten und anderen Modellberechnungen.

Es wurde ein weiteres Vorhaben im Rahmen des EU-INCO-COPERNICUS Projekts beantragt mit dem Titel „Improvement and validation of methods for retrospective internal dosimetry“. Daran sollen weitgehend dieselben Institutionen teilnehmen, und es soll sich befassen mit weiteren Arbeiten zur Dosimetrie von Embryo, Fötus und den Neugeborenen (auch unter Berücksichtigung des Aktivitätstransfers in die Muttermilch) sowie weiteren Modellierungen für Iod und Strontium. Die entwickelten Methoden sollen auf eine retrospektive Dosimetrie für die Bevölkerung von Slavutich in der Nähe von Tschernobyl angewandt werden.

### Mitarbeit bei der ICRP

D. Noßke

Es fand eine Mitarbeit in folgenden Gremien der ICRP statt:

- Task Group on Internal Dosimetry (INDOS),
- Task Group on Dose Calculations (DOCAL),
- Task Group on the Human Alimentary Tract (HAT),

- Working Party for the Revision of Publication 54.

Die Hauptarbeiten von INDOS waren 1997 die Entwicklung von Modellen zur Ermittlung der Dosis für Embryo und Fötus bei Aktivitätszufuhr durch die Mutter sowie Arbeiten zur Zuverlässigkeit von Dosiskoeffizienten. Es wurde ein generisches Modell zur Berechnung der Dosis für Embryo und Fötus entwickelt, und es wurden entsprechende Parameter für verschiedene Elemente bestimmt. Spezielle Modelle sind für Iod und die Erdalkalimetalle in Arbeit. Für das Dokument zur Zuverlässigkeit von Dosiskoeffizienten liegt ein Entwurf vor, der die behandelte Problematik von mehreren Seiten aus beleuchtet. Ergebnisse der Zusammenarbeit des ISH mit Colenco (Schweiz) auf dem Gebiet der probabilistischen Berechnung von Dosiskoeffizienten sollen auch darin einfließen.

DOCAL arbeitet eng mit INDOS zusammen. Der Schwerpunkt der Tätigkeiten dieser Gruppe lag 1997 bei Arbeiten zur Qualitätskontrolle einer CD-ROM mit Dosiskoeffizienten, die im Frühjahr 1998 erscheinen soll. Sowohl die Funktionalität dieser Software als auch die zu Grunde liegenden Daten wurden umfangreichen Prüfungen unterzogen. Außerdem wurde bei der Entwicklung von biokinetischen und dosimetrischen Modellen für Embryo und Fötus mitgearbeitet.

HAT hat dieses Jahr mit einem Treffen im ISH die Arbeit aufgenommen. Es wurde die Struktur des Dokuments, welches innerhalb von 4 Jahren erstellt werden soll, festgelegt und eine Struktur für das zu entwickelnde Modell auf der Basis von Arbeiten, die von M. Simkó im ISH durchgeführt wurden, vorgeschlagen. Es ist geplant, möglichst umfassend alle Aspekte zu erfassen und anschließend die Modellstruktur soweit zu vereinfachen wie es ohne zu großen Verlust an Informationen möglich ist.

Die Working Party for the Revision of Publication 54 hat 1997 ihre Arbeit beendet, die Revision der Publikation 54 „Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers: Design and Interpretation“ auf Grundlage der den Dosiskoeffizienten von ICRP Publikation 68 „Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers“ zu

Grunde liegenden Modelle ist in Druck. Im ISH wird dazu eine begleitende Software entwickelt.

---

### Mitarbeit bei der Erstellung von IAEA Publikationen

---

*D. Noßke*

1997 fanden bei der IAEA in Wien zwei Consultants Meetings statt zur Erstellung des Safety Series Guides „Assessment of Internal Radiation Exposure for Occupational Protection“, der Safety Series Practice „Indirect Methods for Measuring Radionuclides in the Human Body“ und einer Safety Practice zur Interpretation von direkten und indirekten Meßergebnissen im Hinblick auf eine Dosisabschätzung.

Der Safety Series Guide enthält Empfehlungen, wie ein effektives Überwachungsprogramm für Arbeiter, welche möglicherweise Radionuklide inkorporieren, erstellt und betrieben werden kann. Dazu enthält er neben der Beschreibung, wann solche Programme nötig sind und wie sie betrieben werden können, Informationen zu direkten und indirekten Methoden zur Bestimmung der Körperaktivität und zur Interpretation dieser Daten im Hinblick auf eine zu ermittelnde Dosis. Weitere Kapitel beschreiben, welche Daten gespeichert werden müssen und wie Qualitätssicherungsprogramme durchgeführt werden sollten. Die Arbeiten zu diesem Guide sind weitgehend abgeschlossen. Hauptarbeiten 1997 waren dazu die Einarbeitung von Vorschlägen, die von einer Advisory Group 1996 gemacht wurden, sowie von einer IAEA-internen Revision des Berichtes. Außerdem wurde darauf hingearbeitet, diesen Bericht zu anderen Publikationen der ICRP und IAEA kompatibel zu machen.

Die Safety Series Practice „Indirect Methods for Measuring Radionuclides in the Human Body“ ist eine grundlegende Überarbeitung eines älteren Entwurfs. Dabei wird diese Practice angeglichen an eine bereits erschienene Practice über direkte Methoden zur Bestimmung der Körper-

aktivität. Diese Practice über indirekte Methoden wird eine Beschreibung der verwendeten (biologischen und physikalischen) Materialien, ihrer Gewinnung und deren Messung (abhängig von den Radionuklideigenschaften) enthalten. Umfangreiche Anhänge werden für mehrere Radionuklide genauere Beschreibung der empfohlenen Messungen und Meßmethoden sowie deren Interpretation enthalten. 1997 wurde der Entwurf des Haupttextes weitgehend abgeschlossen und mit der Erstellung der Anhänge begonnen.

Begonnen wurde 1997 auch mit der Erstellung der Safety Series Practice zur Interpretation von direkten und indirekten Meßergebnissen im Hinblick auf eine Dosisabschätzung. Im ISH wurden Beispiele von Datenblättern für verschiedene Elemente erstellt und bei der IAEA diskutiert.

---

### International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

---

*R. Matthes*

Die ICNIRP führte ihre 5. Jahrestagung im April 1997 im National Radiation Protection Board (NRPB, England) in Didcot durch. Das wesentliche Ergebnis dieser Jahrestagung war die Verabschiedung der „Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)“. Diese Empfehlungen werden 1998 in Health Physics erscheinen. Damit hat ICNIRP nun Grenzwertempfehlungen für alle Frequenzbereiche der nichtionisierenden Strahlung.

In Zusammenarbeit mit dem „International EMF Project“ der Weltgesundheitsorganisation hat ICNIRP zwei internationale Seminare organisiert und durchgeführt. Beide Seminare wurden vom Bundesamt für Strahlenschutz und dem Bundesumweltministerium unterstützt.

Am 4. und 5. Juni fand in Bologna, Italien, das Seminar „Biological effects of static and ELF electric and magnetic fields and related health risks“ statt. Ziel dieses Seminars war es, die wissenschaftliche Literatur über biologische Effekte statischer

und extrem niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder im Frequenzbereich bis zu etwa 300 Hz zusammenzutragen und zu bewerten. Auf diese Weise sollten Kenntnislücken, die weiterer Forschung bedürfen, erkannt werden. Die Publizierung des aktuellen Forschungsbedarfs sowie die Anregung von möglichen Geldgebern zur Förderung derartiger Forschungsprojekte wird letztlich zu einer verbesserten wissenschaftlichen Datenlage zur Abschätzung von Gesundheitsrisiken führen.

International anerkannte Wissenschaftler haben deshalb einen Überblick über die Schlüsselbereiche Dosimetrie, Laborstudien, Untersuchungen an Probanden und Epidemiologie gegeben. Zusätzlich wurden internationale und nationale Forschungskonzepte vorgestellt. Ein Rapporteur faßte die Vorträge und Diskussionen der offenen wissenschaftlichen Veranstaltung zusammen. Im Anschluß an das Seminar wurde in Arbeitsgruppen ein Bericht diskutiert und verabschiedet. Dieser Bericht enthält die folgenden Punkte:

- Einen Statusbericht über gesundheitliche Auswirkungen einer Exposition durch statische und niederfrequente elektrische und magnetische Felder.
- Einen Forschungsplan. Die Ergebnisse dieser Forschung sollen eine bessere Abschätzung der Gesundheitsrisiken ermöglichen.
- Grundlegende Anforderungen, die sicherstellen sollen, daß die erzielten Forschungsergebnisse auch für die Risikoermittlung verwendbar sind.

Dieser Bericht wird in der wissenschaftlichen Zeitschrift „Bioelectromagnetics“ publiziert werden.

Am 22 und 23. Oktober fand ein weiteres internationales Seminar zum Thema „Risk perception, risk communication and its application to EMF exposure“ in Wien, Österreich, statt. Die Risikowahrnehmung von Laien unterscheidet sich grundlegend von der Risikobewertung durch Fachleute. Zusätzlich variiert die Risikowahrnehmung abhängig vom individuellen kulturellen und sozialen Status. In dieser Situation benötigen die für den Strahlenschutz zuständigen Behörden weitgehende Kenntnisse

der Gesetzmäßigkeiten der öffentlichen Risikowahrnehmung und der effektiven Risikovermittlung, um den notwendigen Schutz der Öffentlichkeit zu erreichen. Zweck des Seminars war es, die wissenschaftliche Grundlage für eine umfassende Risikoanalyse grundsätzlich und speziell im Hinblick auf elektromagnetische Felder zu erörtern. Auch bei diesem Seminar wurde von international anerkannten Wissenschaftlern zunächst ein Überblick über die Kernbereiche der Risikoermittlung, Risikowahrnehmung und Risikovermittlung gegeben. In zwei getrennten Blöcken wurden die grundsätzlichen wissenschaftlichen Aspekte des Risikomanagements und die Anwendung im Bereich der elektromagnetischen Felder abgehandelt. Im Anschluß an das offene Seminar wurde in Arbeitsgruppen diskutiert und ein erster Entwurf einer WHO-Dokumentation zu diesem Thema erarbeitet. In den folgenden Jahren soll in weiteren Arbeitsgruppen aus diesem ersten Entwurf ein sog. Environmental Health Criteria Dokument zum Risikomanagement bei elektromagnetischen Feldern entwickelt werden.

Die Vorträge beider Seminare werden in der ICNIRP Schriftenreihe publiziert und sind beim Wissenschaftlichen Sekretariat der ICNIRP erhältlich.

### **EU Projekt zur „elektromagnetischen Hypersensibilität“**

*E. Vogel*

Die Europäische Kommission, Generaldirektorat V, hat vom 15. Mai 1996 bis 15. Mai 1997 ein Projekt über: „Possible Health Implications of Subjective Symptoms and Electromagnetic Fields“ gefördert (SOC 91-7045-438-8). Zur Projektgruppe gehörten elf Wissenschaftler aus sechs Ländern. Sie erstellten einen Statusbericht über gesundheitliche Probleme, die der Benutzung von Elektrogeräten oder der Nähe von Quellen elektrischer oder magnetischer Felder zugeschrieben werden. Solche gesundheitlichen Probleme werden häufig als „Elektrosensibilität“

oder „Elektromagnetische Hypersensibilität“ (EHS) bezeichnet.

Der Bericht gibt eine Beschreibung der EHS, die auf einer europaweiten Fragebogenaktion basiert. Zum Bericht gehören weiter: eine Literaturübersicht und -diskussion, die Themenkomplexe Risikoerkennung und Risikokommunikation, eine Übersicht über Informationsbroschüren zu elektromagnetischen Feldern, die in verschiedenen EU Ländern verwendet werden, und bisherige Ansätze zur Behandlung „Elektrosensibler“.

Die wichtigsten Ergebnisse sind, daß es für EHS bisher keine diagnostischen Kriterien und keine nachgewiesenen Wirkungsmechanismen gibt, das Erscheinungsbild ist multifaktoriell. Die meisten auftretenden Fälle zeigen leichte unspezifische Symptome, ein kleiner Anteil der Betroffenen leidet jedoch schwer.

Die Empfehlungen der Arbeitsgruppe konzentrieren sich daher auf 3 verschiedene Gebiete:

- Behandlung von Menschen mit EHS: Die verschiedenen Stadien des Leidens unter EHS begründet den Handlungsbedarf. Individuelles Vorgehen, das im Frühstadium einer vorsorgenden Beratung gleichkommt, und bei sehr schweren Fällen eine eingehende Betreuung beinhaltet, wird beschrieben.
- Information: Bei der Vorsorge scheint gutes Informationsmaterial unabdingbar. Vorschläge zur Informationsaufbereitung, zur Information über elektromagnetische Felder im allgemeinen und zu EHS, jeweils auf Zielgruppen bezogen, werden gegeben.
- Forschung: In den Bereichen EHS-Erforschung und Risikowahrnehmung/-kommunikation gibt die Arbeitsgruppe verschiedene Anregungen weiter.

Diese Ergebnisse wurden bei dem in Wien abgehaltenen Symposium und Workshop, „Risk perception, risk communication and its application to EMF“ (22. bis 25. Oktober 1997) vorgetragen und ebenfalls auf Einladung bei weiteren kleineren Tagungen, wie z. B. bei der ETH Zürich am 4. Juli 1997.

### **BfS-IAEA- Trainingskurs im Strahlenschutz**

*A. Schmitt-Hannig*

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hat in Zusammenarbeit mit der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) in Wien einen achtwöchigen Basis-Trainingskurs im Strahlenschutz durchgeführt.

Mit Hilfe von vier vorangegangenen Pilotkursen, einer in Saclay (Frankreich) in französischer Sprache, einer in Buenos Aires (Argentinien) in spanischer Sprache und zwei in Argonne (USA) in englischer Sprache, an denen junge Naturwissenschaftler und Ingenieure aus allen Regionen der Welt teilnahmen, wurde der in den letzten Jahren entwickelte IAEA-Standard-syllabus im Strahlenschutz getestet und verbessert. Dieser Standardsyllabus dient der Harmonisierung der Lehrinhalte der Strahlenschutz-Basiskurse, die dann je nach Bedarf durch kürzere Spezialkurse ergänzt werden. So soll eine einheitliche Aus- und Weiterbildung im Strahlenschutz weltweit unterstützt werden. Mit dem gemeinsamen BfS-IAEA Trainingskurs wurde erstmals der Basiskurs für eine bestimmte Region, nämlich Mittel-, Ost- und Südosteuropa, angeboten. Weitere regionale Kurse werden in den nächsten Jahren in Dubna (Rußland), Johannesburg (Südafrika) und Bombay (Indien) angeboten. Langfristiges Ziel dabei ist es, die Organisation regionaler und/oder nationaler Basiskurse zu fördern bzw. zu ermöglichen, um so in Zukunft eine eigenständige, harmonisierte, von der IAEA weitgehend unabhängige Strahlenschutzaus- und Weiterbildung zu erreichen.

Der erste „Regional Basic Professional Training Course in Radiation Protection“ fand vom 1. September bis zum 24. Oktober 1997 in Karlsruhe, Neuherberg und Berlin statt. Für diesen Kurs wurden 22 Teilnehmer aus 16 verschiedenen mittel-, ost- und südosteuropäischen IAEA-Mitgliedsländern ausgewählt. Ziel des Kurses war es diejenigen aus- und weiterzubilden, die beruflich mit radioaktiven Stoffen und Strahlenquellen in Medizin, Industrie und Forschung umgehen und in ihren Heimat-instituten und -behörden für Strahlen-

schutzfragen zuständig sind bzw. in naher Zukunft zuständig sein sollen. Schwerpunkt des Kurses war deshalb der wissenschaftliche, technische und organisatorische Hintergrund, der für die Erarbeitung gesetzlicher Regelungen und betrieblicher Abläufe notwendig ist, um Gesundheit und Sicherheit beruflich strahlenexponierter Personen und der Bevölkerung zu gewährleisten.

Die Teilnehmer hatten alle einen Universitätsabschluß in Physik, Biologie, Medizin oder Ingenieurwissenschaften und arbeiteten bereits in einem Teilgebiet des Strahlenschutzes. Alle Teilnehmer konnten in diesem Kurs umfassende Kenntnisse in allen Bereichen des Strahlenschutzes erwerben und sollen diese Kenntnisse nach Rückkehr in ihre Heimatländer an Kollegen weitergeben.

Der Kurs bestand aus Vorlesungen, Demonstrationen, Praktika und Diskussionen auf der Grundlage des IAEA-Standard-syllabus. Die fachlichen Inhalte umfaßten u. a. biologische Effekte ionisierender Strahlen, externe und interne Dosimetrie, beruflicher Strahlenschutz, Strahlenschutz der Bevölkerung, medizinische Strahlenexpositionen sowie die entsprechenden gesetzlichen Regelungen. Auf multidisziplinärer Basis (wissenschaftlich/technisch) wurden sowohl praktische als auch theoretische Kenntnisse vermittelt, die als Grundlage für internationale Empfehlungen zur Entwicklung von Strahlenschutznormen und deren Umsetzung dienen.

Die physikalisch-mathematischen Grundlagen des Strahlenschutzes und die meßtechnisch ausgerichteten Praktika wurden in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Karlsruhe durchgeführt.

Insgesamt waren fast 80 nationale und internationale Fachleute als Vortragende beteiligt. Von den Teilnehmern wurde der Kurs trotz seiner Länge, die für einige berufliche und familiäre Probleme mit sich brachte, als gut und wichtig für die weitere berufliche Entwicklung bewertet.

Der Kurs wurde finanziell unterstützt vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie.

---

### European ALARA Network

---

#### A. Schmitt-Hannig

Ziel der von der EU geförderten „konzertierten Aktion“ ist die Schaffung eines Europäischen ALARA-Netzwerkes (EAN). Im Rahmen dieses Netzwerkes liegt der Schwerpunkt bei der Optimierung aller Arten von beruflichen Strahlenexpositionen, insbesondere im nicht-nuklearen industriellen Bereich. Die konzertierte Aktion wird unterstützt durch die regelmäßige Veröffentlichung des „European ALARA Newsletters“ und durch die Veranstaltung von wissenschaftlichen Seminaren oder Workshops.

Der erste Workshop fand am 1. und 2. Dezember 1997 zum Thema „ALARA and Decommissioning“ in Saclay (Frankreich) statt. Dies ist ein aktuelles Problem des Strahlenschutzes, das in nahezu allen EU-Ländern von großer Bedeutung ist bzw. in den nächsten Jahren sein wird. Über 60 Teilnehmer aus vielen europäischen Ländern haben während des Workshops Strahlenschutzaspekte beim Abbau kerntechnischer Anlagen, den Einfluß von gesetzlichen Regelungen und Möglichkeiten der Optimierung der beruflichen Strahlenexposition bei diesen Arbeiten diskutiert.

Der zweite Workshop ist zum Thema „ALARA in the Non-nuclear Industry“ für Ende 1998 vorgesehen. Strahlenquellen und radioaktive Stoffe aller Art werden in Forschung und Industrie zu vielerlei Zwecken verwendet, z. B. in der zerstörungsfreien Materialprüfung oder bei Bestrahlungsanlagen zu Sterilisationszwecken. In der Regel liegen dabei die Werte der Strahlenexposition der in diesem Bereich Beschäftigten weit unterhalb der Dosisgrenzwerte. Dennoch ist die Strahlenbelastung für einige Beschäftigte vergleichsweise viel höher als bei Beschäftigten in der kerntechnischen Industrie. Zusätzlich dazu kommt es überall auf der Welt immer wieder zu Zwischenfällen, die zu einer hohen Strahlenexposition der Beteiligten führen und manchmal sogar mit schweren gesundheitlichen Auswirkungen oder mit dem Tod der Betroffenen enden. Ziel des Workshops ist es deshalb potentielle Wege zur praktischen Implementierung

des Optimierungsgrundsatzes in Forschung und Industrie aufzuzeigen, um so die Strahlenexposition der Beschäftigten weiter zu reduzieren und das Auftreten von Strahlenunfällen zu vermeiden.

---

### IAEA Safety Guide „Communication of Nuclear, Radiation, Transport and Waste Safety“

---

#### A. Schmitt-Hannig

In den IAEA Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources (BSS, Safety Series No. 115 von 1996) wird an verschiedenen Stellen eine Verbesserung der „Communication“ allgemein gefordert und insbesondere die Verpflichtung der zuständigen Behörden zur „Communication of nuclear safety“ festgelegt. „Communication of nuclear safety“ bedeutet in diesem Zusammenhang die Vermittlung von sicherheits-relevanten Fakten im kerntechnischen Bereich, wobei „nuclear safety“ auf Wunsch der IAEA in diesem speziellen Fall auch Strahlenschutz, Sicherheit beim Transport radioaktiver Stoffe und Sicherheit bei der Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle mit umfaßt.

Zur Umsetzung der in den BSS gegebenen Empfehlungen werden zu verschiedenen Schwerpunkten sogenannte Safety Guides erarbeitet. Ein Schwerpunkt ist dabei die Vermittlung von Fakten zur Sicherheit der Kerntechnik. In zwei Consultant Service Meetings wurde mit IAEA Mitarbeitern verschiedener Abteilungen diskutiert, warum, was, von wem, an wen, wie und wann vermittelt werden soll. Im Unterschied zur „Information“ über ein bestimmtes Thema, z. B. durch Verteilen von Informationsschriften und Broschüren, steht bei der „Vermittlung“ von Fachinhalten der Dialog mit den Zielgruppen im Vordergrund. Die Zielgruppen sollen dabei nicht nur die Inhalte und deren Bedeutung für die Sicherheit verstehen, sondern es ist vor allem auch die Meinung und Rückmeldung der Zielgruppen gefragt. Es soll damit zur Versachlichung des oft emotional

kontrovers diskutierten Themas beigetragen werden.

Inhaltlich beschäftigt sich der Safety Guide nach einer Einführung in die Problematik der sachgerechten „Kommunikation“ mit den diesbezüglichen Empfehlungen der BSS und der Verantwortung der zuständigen Behörden für die Vermittlung von Fachinhalten zur Sicherheit der Kerntechnik, zum Strahlenschutz, zur Sicherheit beim Transport und bei der Zwischen- und Endlagerung. Die Inhalte, die vermittelt werden sollen, werden detailliert beschrieben. Dabei wird ausgegangen von häufig gestellten Fragen oder häufig geäußerten Befürchtungen. Einen breiten Raum nimmt die Planung, Implementierung und Bewertung von Kommunikationsprogrammen ein. Dazu gehört die Definition der Zielgruppen und die Frage, wie und mit welchen Kommunikationstechniken vorgegangen werden soll bei der Vermittlung von Fachinhalten.

---

### **EU-Forschungsvorhaben „Long-term dynamics of radionuclides in semi-natural environments“**

---

M. Steiner, E. Wirth

Die Europäische Kommission, Generaldirektorat XII, fördert seit Anfang 1996 das Forschungsvorhaben „Long-term dynamics of radionuclides in semi-natural environments (Langzeitdynamik von Radionukliden in naturnahen Ökosystemen)“. An diesem Projekt, das auf eine Dauer von 42 Monaten angelegt ist, beteiligen sich neben dem Fachgebiet „Radioökologie“ des ISH/BfS sieben weitere Institute aus sieben europäischen Ländern.

Ziel des oben genannten EU-Forschungsvorhabens ist es, auf modularer Basis ein fortgeschrittenes radioökologisches Modell für die Verteilung und die Dynamik von Radionukliden, insbesondere  $^{137}\text{Cs}$  und  $^{90}\text{Sr}$ , in naturnahen Ökosystemen zu ent-

wickeln. Das Modell soll vergleichsweise einfach auf verschiedene Standorte angewendet werden können und zuverlässige Vorhersagen über das Verhalten der Radionuklide in Wiesen- und Waldökosystemen über längere Zeiträume ermöglichen. Solche Langzeitprognosen sind ein wertvolles Hilfsmittel

- zur Abschätzung der potentiellen Strahlenbelastung, die aus der Nutzung kontaminierter naturnaher Ökosysteme resultiert,
- für die Auswahl geeigneter Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenbelastung und
- für das Management kontaminierter naturnaher Ökosysteme.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts entwickelt das ISH schwerpunktmäßig ein Teilmodell, das die Migration von Radionukliden in Waldböden sowie die Aufnahme der Radionuklide durch Grünpflanzen und Pilze beschreibt. Dieses Teilmodell gliedert sich gegenwärtig in drei Komponenten:

- Mathematische Beschreibung der Migration von Radiocäsium in den obersten fünf Auflagehorizonten des Waldbodens mit Hilfe eines Kompartiment-Modells.
- Identifikation der Bodenschicht, aus der Pilze und Pflanzen Radiocäsium aufnehmen, mit Hilfe des Isotopenverhältnisses  $^{137}\text{Cs} / ^{134}\text{Cs}$ .
- Beschreibung der Aufnahme von Radiocäsium aus dem Waldboden durch Pilze und Grünpflanzen mit Transferfaktoren. Die Transferfaktoren beziehen sich hierbei explizit auf diejenige Bodenschicht, in der das Pilzmyzel bzw. die Feinwurzeln lokalisiert sind.

Die Analyse langjähriger Meßdaten eines südbayerischen Nadelwaldstandortes belegt, daß sich der ausgeprägte zeitliche Verlauf der Radiocäsiumkontamination verschiedener Spezies vor allem auf die Migration dieser Radionuklide im Waldboden zurückführen läßt.

Eine besondere Schwierigkeit bei dynamischen radioökologischen Modellen ist die Validierung langfristiger Prognosen, da aussagekräftige Zeitreihen von Meßdaten nur für wenige Untersuchungsgebiete zur Verfügung stehen. Erste Ansätze, langfristige Modellprognosen zur Radiocäsiumdynamik indirekt durch die Bestimmung der gegenwärtigen Verteilung **stabiler** Cäsiums in Waldökosystemen zu verifizieren, erscheinen sehr erfolgversprechend und bestätigen die bisherigen Modellansätze.

Mitte 1999 soll der Europäischen Kommission ein theoretisches Modell zur Langzeitdynamik von Radionukliden in naturnahen Ökosystemen vorliegen, das mit Hilfe standortspezifischer Datensätze getestet und kalibriert ist.

---

### **Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 7 Abs. 1 des Strahlenschutzvorsorgegesetzes**

---

E. Wirth

Unter Federführung des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) wurde eine Arbeitsgruppe eingerichtet, die zur Aufgabe hatte eine Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung von Rechtsverordnungen nach § 7 Abs.1 des Strahlenschutzvorsorgegesetzes zu erarbeiten. Ziel dieser Vorschrift ist es, die Überwachung von Lebensmitteln auf radioaktive Kontaminationen nach einer großräumigen Kontamination der Umwelt einheitlich und verbindlich auszugestalten. Dazu wird der zu untersuchende Warenkorb, der Umfang und die Frequenz der Probenahme sowie die Anforderungen an die Probenahme und Messungen ebenso präzisiert wie die Meldepflichten und die Berichterstattung. Die Arbeitsgruppe konnte bereits nach 5 Sitzungen den Entwurf der Verwaltungsvorschrift dem BMG zur weiteren Diskussion vorlegen.



---

### **IAEA Safety Series „Source and Environmental Monitoring for Radiation Protec- tion of the Public“**

---

E. Wirth

Die Internationale Atom Energie Organisation (IAEA) plant, allgemeine Empfehlungen zur Zielsetzung und zur Durchführung von Emissions- und Immissionsüberwachung bei kerntechnische, medizinischen und sonstigen Einrichtungen in der „Safety Series“-Reihe zu publizieren. Die Advisory Group, die vom 3. bis 7. November in Wien tagte, hatte die Aufgabe in einem fortgeschrittenen Entwurf die Empfehlung abschließend zu beraten. Inhaltlich decken sich die Empfehlungen weitgehend mit der deutschen Richtlinie zur „Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen“ (REI).

Grundsätzlich kann zwischen der Überwachung von Emissionen, Immissionen und von Personen unterschieden werden. Die Umgebungsüberwachung gliedert sich wiederum in die Überwachung eines einzelnen Emitters („single source“), von mehreren Quellen („multiple sources“) und von großräumigen Kontaminationen („widespread“). Im Gegensatz zu der Umgebungsüberwachung von einzelnen und mehreren Quellen ist bei großräumigen Kontaminationen keine Emissionsüberwachung möglich, da die Kontamination bereits abgeschlossen bzw. der oder die Emittenten nicht eindeutig identifizierbar sind. Beispiele sind der Kernwaffenfallout, Tschernobyl oder die C-14 und Kr-85 Aktivitäten in der Atmosphäre.

Ähnlich wie in der Richtlinie zur „Emission- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen“ (REI), werden als wesentliche Ziele bei der Emissionsüberwachung in dem IAEA Entwurf u. a. definiert:

- die Einhaltung der Genehmigungswerte für radioaktive Ableitungen zu überprüfen,
- die Grundlage für die Abschätzung der Strahlenexposition in der Umgebung zu liefern und

- störfallbedingte Ableitungen zu erfassen.

Als Ziele bei der Umgebungsüberwachung werden genannt:

- die Ergebnisse der Emissionsüberwachung zu verifizieren,
- langfristige Akkumulationen in der Umwelt zu erkennen,
- die Öffentlichkeit über die Kontaminationen zu informieren und
- insbesondere bei der großräumigen Überwachung der Umwelt Daten für die Abschätzung der Strahlenexposition der Bevölkerung zu liefern.

Die Überwachung von Einzelpersonen wird nur dann als notwendig erachtet, wenn die Möglichkeit besteht, daß Dosisgrenzwerte für die Bevölkerung in der Umgebung kerntechnischer Einrichtungen überschritten werden.

---

### **Auszeichnungen**

---

Herr Werner Rühm wurde für seine Untersuchungen zum Verhalten von Radionukliden in Wäldern mit dem „Award of the Japanese Government for Foreign Scientists“ ausgezeichnet. Mit diesem Preis war ein 3-monatiger Studienaufenthalt in dem „National Institute of Radiological Sciences“ in Isozaki verbunden, den Herr Rühm im Sommer 1997 wahrnahm. Gemeinsam mit Kollegen der „Environmental and Toxicological Sciences Research Group“ wurden vergleichende Betrachtungen des Verhaltens von stabilen und radioaktiven Isotopen im Boden und in Pflanzen von ausgewählten Standorten in Bayern und Japan durchgeführt. Diese Untersuchungen fördern insbesondere das Verständnis für das langfristige Verhalten von Radionukliden im Boden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen führen zu einer Verbesserung der Prognosen über den zu erwartenden Verlauf der spezifischen Aktivität in Pilzen und grünen Pflanzen. Es sind mehrere gemeinsame Publikationen über die Ergebnisse der Zusammenarbeit geplant. Der Studienaufenthalt kann daher als ausgesprochen

fruchtbar und erfolgreich bezeichnet werden.

---

### **Unterstützung der slowenischen atomrecht- lichen Aufsichtsbehörde auf dem Gebiet der Notfallschutzplanung**

---

H. Korn

Die 1994/1995 begonnenen Aktivitäten zur Unterstützung der Slovenian Nuclear Safety-Administration (SNSA) beim Neuaufbau im Rahmen des Programms der Europäischen Union *Regulatory Assistance Management* (RAM) wurden 1997 mit einer 2. Phase fortgesetzt. Folgende Aufgaben wurden unter der Teilnahme von jeweils 2 slowenischen Gästen realisiert:

#### **19. bis 21. August 1997, München:**

Besuch der Zentralstelle des Bundes für die Überwachung der Umweltradioaktivität:

Einweisung in die Aufgaben und Funktion des Integrierten Meß- und Informationssystems für die Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) und in die Anwendung des Programmsystems PARK,

Besichtigung des Lagezentrums des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen und des Bayerischen Kernreaktor-Fernüberwachungssystems,

Besuch des Bayerischen Staatsministeriums des Innern bezüglich Alarmplanung und Alarmierung in der Umgebung kerntechnischer Anlagen.

#### **23. bis 25. Oktober 1997, Stuttgart:**

Teilnahme an der Katastrophenschutzübung des Regierungspräsidiums Stuttgart (Kernkraftwerk Neckarwestheim, Notfallstation Nürtingen).

Schließlich erfolgte vom 18. bis zum 20. November 1997 in Ljubljana eine weitere Diskussion des Notfallschutzplanes der SNSA.

### IRIS

*H. Leeb, B. Daschner, D. Helms, W. Weiss*

Der Aufbau von IRIS-Systemen in Rußland, Polen und der Slowakei wurde 1997 weitergeführt.

IRIS Rußland ist bereits seit 1993 im Betrieb und wird weiter ausgebaut. Im Jahre 1997 wurde über das bereits in den Vorjahren realisierte Monitoringssystem in einem Umkreis von 30 km um die Kernkraftwerke Smolensk und Novoworonesch hinaus ODL-Daten von 12 Meßstellen in der Region Moskau einbezogen. **Abbildung S-25** zeigt ein an IMIS online über-

sandtes Dokument mit ODL-Daten aus allen drei Regionen.

Die Ausdehnung auf die KKW Kola und Sosnovy Bor sind ebenso wie der Umstieg auf eine aktuelle Systemplattform für die nächste Ausbaustufe in der ersten Jahreshälfte 1998 vorgesehen.

Die russische Seite betrachtet IRIS als Basis für ein Umweltüberwachungssystem und möchte es auf andere Umweltbereiche ausdehnen. Hierzu sind aus heutiger Sicht folgende Regionen vorgesehen:

- In Zusammenarbeit mit Firma Gasprom sollen die Förderung und Weiterverarbeitung von Erdgas einbezogen werden. Hierbei ist zunächst an die Region Astrachan gedacht. Dabei handelt es sich um ein Fördergebiet, bei dem

der Schwefelanteil besonders hoch ist und durch Entschwefelung eine hohe Umweltbelastung in Luft und Böden entsteht.

- In der Stadt und Region St. Petersburg soll neben der Radioaktivität ein breites Spektrum an umweltrelevanten Parametern in das System IRIS einbezogen werden.

Eine solche Erweiterung ist auf Basis der geplanten neuen Plattform grundsätzlich realisierbar, erfordert jedoch eine präzise Definition der fachlichen Anforderungen und die Erstellung von spezifischer Anwendersoftware. Ob und inwieweit sich die deutsche Seite daran beteiligen wird, muß noch entschieden werden.

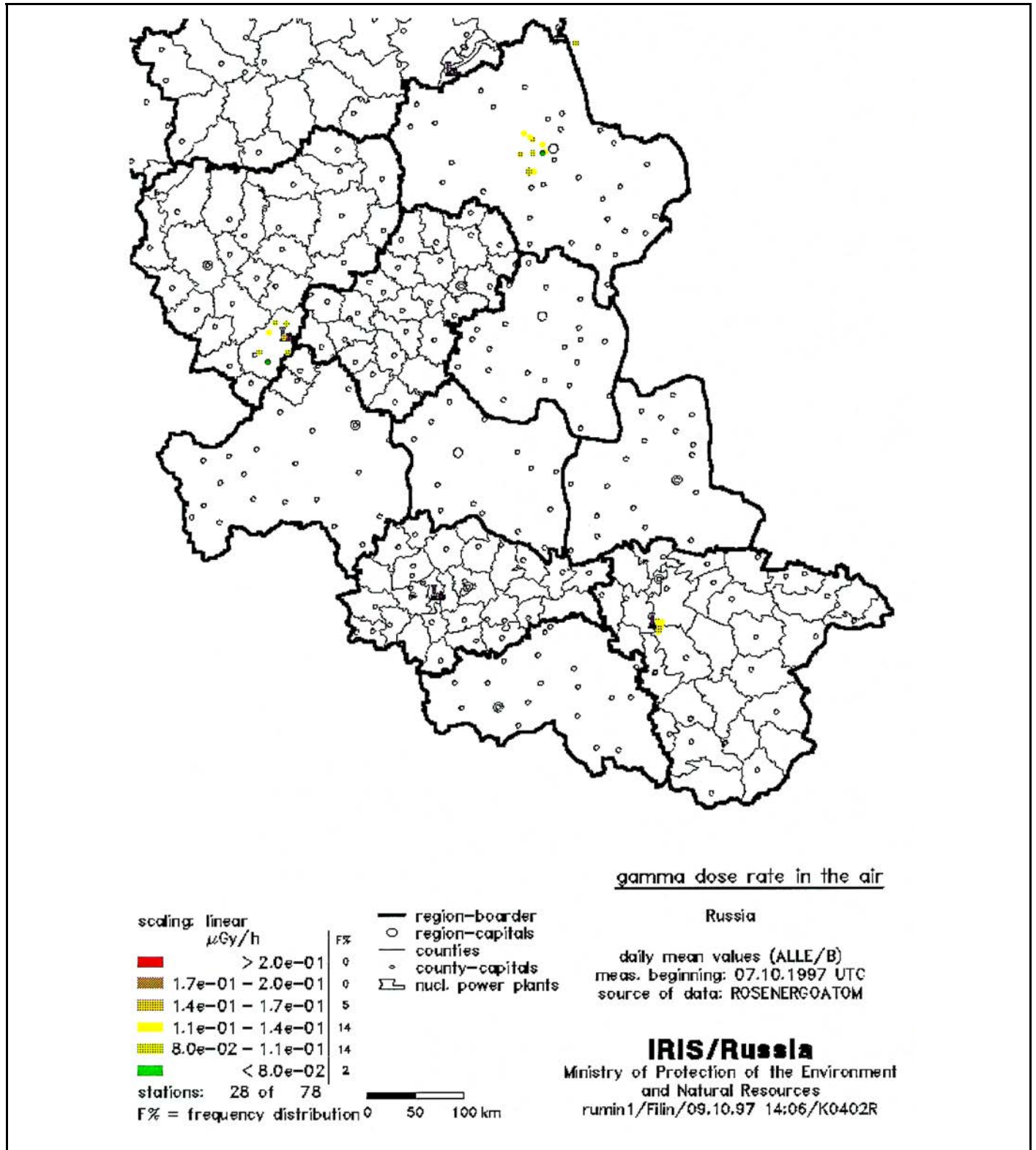


Abbildung S-25  
 Karte IRIS/Russia

Vakatseite

Die wichtigste Grundlage für die Tätigkeit des Instituts für Atmosphärische Radioaktivität (IAR) ist das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG). Die Schwerpunkte der laufenden Arbeit liegen in der

- Überwachung der Radioaktivität der Gamma-Ortsdosisleistung und der Luft in der Bundesrepublik,
- fachlichen Unterstützung des BMU beim Betrieb und der Weiterentwicklung des Integrierten Meß- und Informationssystems IMIS,
- Unterstützung des technischen Sekretariats der UN Organisation in Wien zur Umsetzung des umfassenden Kernwaffenteststoppabkommens bei den Planungen zum Aufbau eines globalen Meßsystems zur Verifikation des Abkommens,
- technischen Weiterentwicklungen und Implementierung der im Auftrag der Kommission der Europäischen Union entwickelten Software zum grenzüberschreitenden bilateralen und internationalen Austausch von Daten der Umweltradioaktivität,
- Erarbeitung von Konzepten und Systemen zur Abstimmung von unterschiedlichen Umweltmeßprogrammen, der Zusammenführung von Meßdaten von IMIS, REI und des Katastrophenschutzes und der Erarbeitung von bundeseinheitlichen Handlungsanweisungen zu Meßstrategien und der Informationsübermittlung in einem Störfall/Unfall.

Im Bereich der Meßsysteme des IMIS konzentrierten sich die Arbeiten in der ersten Hälfte des Berichtsjahrs auf die Übernahme des ODL-Meßnetzes des BZS durch das BfS, die zum 1. Juli 1997 vollzogen wurde. Mit der Übernahme des ODL-Meßnetzes waren gravierende Veränderungen für den laufenden Betrieb verbunden. Außerdem wurden die Struktur des Meßnetzes neu konzipiert und die Migration der technischen Einrichtungen des Meßnetzes weiter vorangetrieben. All diese Maßnahmen erfolgten ohne wesentliche Störungen des laufenden Betriebs des Meßnetzes, was nur durch ein hohes Maß an Flexibilität und ein hohes Maß an Einsatzbereitschaft aller Beteiligten im BZS und am IAR möglich war.

Die Verantwortung für den Aufbau und Betrieb des computergestützten Informationssystems IMIS-IT lag auch 1997 bei der Arbeitsgruppe (AG) IMIS-IT, deren Leiter und deren Projektbüro am IAR angesiedelt sind. Im Jahre 1997 hat die AG IMIS-IT die Planungen für die technische Migration von IMIS-IT weiter konkretisiert. Im Rahmen einer prototypischen Installation eines zweiten Datenbankservers des neuen Klient-Server Konzepts für IMIS am IAR wurden und werden die wichtigsten technischen Randbedingungen für die Funktionsfähigkeit des neuen IMIS experimentell ermittelt. Die Überarbeitung des Fachlichen Feinkonzepts von IMIS wurde zum Jahresende weitgehend abgeschlossen. Im zukünftigen IMIS sollen insbesondere auch die Daten gemäß StrVG und REI in einheitlicher Form zusammengefaßt und aufbereitet werden können.

Die AG IMIS-IT hat die Errichtung bzw. den Ausbau von IRIS-Systemen in der Russischen Föderation und in Polen weiter vorangetrieben. Zum Teil werden diese Aktivitäten jetzt auch durch die Kommission der Europäischen Union finanziert. Dies betrifft z. B. die Einrichtung von Frühwarnmeßringen um die Kernkraftwerke Kursk, Kalinin und Balakovo und die Bemühungen der EU zur Schaffung eines Europäischen Datenverbunds für die Zwecke des Notfallschutzes. Außerdem wurden die technischen Voraussetzungen für den Austausch von Daten aus IMIS mit entsprechenden Daten aus der Schweiz, der Slowakischen Republik und Polen geschaffen.

Die auf der Station Schauinsland betriebenen Einrichtungen zur Spurenanalyse sind Vorbild für die technische Ausstattung der 80 Stationen des globalen Radionuklidmeßnetzes, das der Verifikation des umfassenden Kernwaffenteststoppabkommens dient. Nach den Festlegungen des Abkommens ist die Station Schauinsland Bestandteil dieses Meßnetzes. Die Betriebsparameter der Radionuklidstationen wurden unter Mitwirkung des IAR weiter konkretisiert. Mit dem Aufbau der entsprechenden Meßeinrichtungen auf dem Schauinsland soll im kommenden Jahr begonnen werden.

Das IAR hat sich im laufenden Jahr aktiv an der Weiterentwicklung des ECURIE

und des EURDEP Systems durch die Kommission der Europäischen Union beteiligt. Die Fertigstellung der neuen CoDecS Software für ECURIE im kommenden Frühjahr eröffnet für die Entgegennahme, Verarbeitung und die nationale Verteilung solcher Meldungen sowie für die Integration des BMI Lagezentrums in den Datenfluß neue technische Möglichkeiten. Hierfür wurde ein technisch/organisatorisches Konzept erstellt und mit dem BMU abgestimmt. Mit der Umsetzung dieses Konzepts wurde am IAR zum Jahresende 1997 begonnen.

Die Beratungen in der AG zur Umsetzung der Beschlüsse der UMK und des LAA-HA zu Fragen der Abstimmung von Meßprogrammen und der Erarbeitung von bundeseinheitlichen Handlungsanweisungen zu Meßstrategien sowie der Informationsübermittlung in einem Störfall/Unfall wurden zum Jahresende 1997 im wesentlichen abgeschlossen. Der Bericht enthält konkrete Empfehlungen für

- die Abstimmung der unterschiedlichen Umweltmeßprogramme von IMIS, nach der REI sowie des Katastrophenschutzes und die Zusammenführung von Meßdaten dieser Meßprogramme,
- die Bereitstellung eines technischen Verfahrens für die Erfassung und Übermittlung von REI-Daten in IMIS,
- die einheitliche Gestaltung des technischen Verfahrens zum Austausch von ODL-Daten der KFÜ-Systeme und aus dem ODL-Meßnetz des BfS,
- den Einsatz der Hubschrauber des BfS für die Zwecke des Katastrophenschutzes,
- die Bereitstellung von Laborkapazität durch nicht oder wenig betroffene Länder in einem Unfall,
- den Einsatz des Entscheidungsunterstützungssystems RODOS/RESY an zentraler Stelle.

Mit der Umsetzung der Empfehlungen ist im kommenden Jahr zu rechnen.

Die wichtigsten Ergebnisse der laufenden Arbeiten im Jahre 1997 werden im folgenden dargestellt.

Die Cäsium-137 Aktivitätskonzentrationen der Luft an der Station Schauinsland sind vergleichbar mit dem Pegel vor dem Reaktorunfall in Tschernobyl. Es werden nach wie vor kurzzeitig lokale Erhöhungen des Untergrundpegels beobachtet, die auf Resuspension zurückgeführt werden. Der Grundpegel von Krypton-85 ist dem Trend der Vorjahre folgend weiter angestiegen.

Über das IMIS System wurden täglich Daten aus den Meßnetzen des BfS und des DWD über die Dienststellen IAR und ISH des BfS an den BMU weitergeleitet. Damit wird dieser in die Lage versetzt, sich jederzeit über die radiologische Situation in der Bundesrepublik zu informieren. Der Betrieb des IMIS Systems am IAR wird durch ein gestaffeltes System der Rufbereitschaft und des Bereitschaftsdienstes unterstützt, das die Verfügbarkeit von Personal innerhalb von 30 Minuten sicherstellt. Im Verlaufe von Ereignissen mit länger anhaltenden großräumigen Erhöhungen der natürlichen Umweltradioaktivität konnten auch im Jahre 1997 die technischen und organisatorischen Abläufe in den betroffenen Meßnetzen und am IAR wiederholt un-

ter den Bedingungen des Intensivbetriebs von IMIS erprobt werden. Nach Übernahme des ODL-Meßnetzes werden gegenwärtig Vorbereitungen dafür getroffen, das Rufbereitschaftssystem im ODL-Meßnetz zu vereinfachen. Die Maßnahmen werden nach erfolgter technischer Migration im ODL-Meßnetz im kommenden Jahr umgesetzt werden.

Auch im Jahre 1997 wurden täglich Daten der Orts-Dosisleistung von ausgewählten Standorten der Bundesrepublik an die französische Strahlenschutzbehörde OPRI übermittelt und von dort aus über Minitel öffentlich zugänglich gemacht. Die Daten stammen aus dem ODL-Meßnetz des BfS sowie aus den Halbringen Fessenheim und Cattenom der KFÜ-Systeme von Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. Für den Datenaustausch steht nunmehr ein DV-gestütztes, automatisiertes Verfahren operationell zur Verfügung. Die für dieses Verfahren entwickelte Formatkonvention und das Austauschverfahren ist Grundlage für eine standardisierte Lösung für den zukünftigen Austausch von ODL-Daten aller KFÜ-Systeme der Länder

und des ODL-Meßnetzes des BfS. Dies wurde mit den Ländern abgestimmt. Das neue Verfahren soll in den kommenden zwei Jahren die bisherigen Einzellösungen ablösen.

#### **Arbeitsschwerpunkte des IAR im Jahre 1997:**

1. Übernahme des ODL-Meßnetzes des BZS durch das BfS zum 1. Juli 1997
2. Unterstützung des technischen Sekretariats der UN Organisation in Wien zur Umsetzung des umfassenden Kernwaffenteststoppabkommens
3. Erarbeitung von Konzepten und Systemen zur Abstimmung von unterschiedlichen Umweltmeßprogrammen, der Zusammenführung von Meßdaten von IMIS, REI und des Katastrophenschutzes und der Erarbeitung von bundeseinheitlichen Handlungsanweisungen zu Meßstrategien und der Informationsübermittlung in einem Störfall/Unfall.

---

**Übernahme und Betrieb  
 des ODL-Meßnetzes im Bundes-  
 amt für Strahlenschutz**

---

*U. Stöhlker, A. Bock, H.-W. Dusemund, P. Eykmann, J. Gregor, N. Koenen, H. Schneider, D. Singer, F. Skau, W. Raach, W. Voss und F. Weiler*

Der Übergang des ODL-Meßnetzes am 1. Juli 1997 vom BZS zum BfS wurde am 22. Mai 1997 im Rahmen eines Ressortgesprächs zwischen BMU und BMI beschlossen und vollzogen am 1. Juli 1997. Die gesetzliche Basis für diesen Übergang wurde im September 97 rückwirkend auf den 1. Juli 1997 durch den Bundesrat geschaffen.

Im Vordergrund des Übergangs stand die Neudefinition der Aufgaben gemäß StrVG, die Schaffung der personellen Ausstattung, die Festlegung von Standorten der neuen Meßnetznoten inclusive der Umzugsplanung, der Materialübergang sowie die Neuorientierung bzw. Definition der Migration und deren Inhalte im DV- und meßtechnischen Bereich.

Es wurden 6 Meßnetznoten in einer hierarchischen Struktur eingerichtet, mit der Zentrale in Freiburg, der Ersatzzentrale in Berlin, der Entwicklungszentrale in München, den übrigen Knoten in Salzgitter, Bonn und Rendsburg sowie einer Stabsstelle in Bonn zur Mitwirkung bei der Koordinierung des Übergangs des ODL-Meßnetzes in den BMU-Bereich.

Die Meßnetznoten bestehen durchschnittlich aus 10 Mitarbeitern. Zusammen mit der Stabsstelle sind im Rahmen des ODL-Meßnetzes 67 Mitarbeiter tätig. Es wurden 18 freie Stellen vom BMI übergeben. Das inzwischen eingestellte neue Personal wurde in Eigenregie ausgebildet und ist inzwischen weitgehend in die neue Tätigkeit eingewiesen.

Umzüge aus den Liegenschaften der ehemaligen Warnämter fanden von Meinerzhagen nach Bonn am 1. Juli 1997, von Rottenburg und Usingen nach Freiburg am 15. Juli 1997 und von Rodenberg nach Salzgitter am 30. Oktober 1997 statt. Der

Meßnetznoten in Bonn sowie die Stabsstelle wurden im Gebäude des BZS, die Meßnetzzentrale in Freiburg in neu angemieteten Räumen des IAR und der Meßnetznoten in Salzgitter im Neubau des BfS untergebracht. Der Meßnetznoten in Berlin befindet sich unverändert im Dienstgebäude des BfS in Berlin/Karlshorst; die Meßnetznoten Rendsburg und Oberschleißheim werden im April bzw. Sommer 1998 in BfS-eigenen Liegenschaften untergebracht werden.

Sämtliche Maßnahmen zur Integration des ODL-Meßnetzes in das BfS wurden in enger Kooperation mit der Zentralabteilung des BfS durchgeführt, mit den Schwerpunkten in den Bereichen Organisation, Haushalt, Beschaffung und innerer Dienst. Ebenso wie die gute Zusammenarbeit mit dem BZS war dies Garant für einen unter den genannten Bedingungen reibungslosen Übergang unter Wahrung der permanenten Verfügbarkeit des Meßnetzes zur Sicherstellung der Frühwarnfunktion innerhalb des IMIS.

Nicht zuletzt ist die inzwischen wieder erreichte Verfügbarkeit des Gesamtsystems auf das Engagement der im ODL-Meßnetz beschäftigten Mitarbeiter zurückzuführen. Stellvertretend für die Gesamtheit der erzielten Maßnahmen sei die Anzahl verfügbarer ODL-Meßstellen genannt, die von 75 Prozent im Juli 1997 auf 85 Prozent im November 1997 verbessert werden konnte.

Zur Zeit wird die Migration im DV-technischen Bereich durchgeführt. Im November 1997 fand die Abnahme der Phase I der Entwicklung eines neuen Kommunikationsrechners statt. Mit Hilfe dieses Systems können die 6 Meßnetznoten Daten aus den ihnen zugeordneten Bereichen abfragen sowie Parametrierungen der Meßstellen vornehmen. Die Phase II dieses Vorhabens beinhaltet eine Vernetzung der Systeme untereinander. Der Auslieferungstermin dieser Software ist für November 1997 datiert. Sie wird zunächst in Freiburg und Bonn installiert und zum Zweck der Verteilung in die übrigen Meßnetznoten getestet. Bis zur Umstellung auf die neuen Kommunikationsrechner ist ein Parallelbetrieb mit den WADIS-Alt-Systemen vorgesehen und im ersten Quartal 1998 deren Abschaltung geplant.

Seit dem Umzug des Meßnetznotens Salzgitter in die neue BfS-Liegenschaft sind nur noch 5 WADIS-Alt-Systeme in Betrieb. Jedem WADIS-Alt-System ist ein Kernkraftwerk-Fernüberwachungssystem (KfÜ) zugeordnet. Aus diesem Grund ist eine Modifikation der Kopplungssoftware erforderlich, da einige Länder die bestehende KfÜ-Kopplung für die Dauer von ca. 2 Jahren weiter betreiben werden. Es wurde eine Neuentwicklung basierend auf den neuen Kommunikationsrechnern des ODL-Meßnetzes mit den Ländern vereinbart. Demzufolge wird künftig der Austausch geprüfter Daten mittels einer standardisierten Schnittstelle basierend auf dem Internationalen Datenaustauschformat (IDF) stattfinden. Zusätzlich befindet sich zur Zeit ein neuer Meßwertsender in Entwicklung. Dieser Meßwertsender ermöglicht grundsätzlich den Parallelzugriff auf die Sonden durch mehrere Nutzer. Es ist vorgesehen, im Rahmen eines für den Sommer 1998 geplanten Feldversuchs, je 5 neue Meßwertsender in Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen und Hessen zu installieren.

Verbunden mit der Abschaltung der WADIS-Alt-Systeme ist eine Neudefinition der Betreuungs- und Abfragebereiche. Die neuen Abfragebereiche orientieren sich an Ländergrenzen und sind so gewählt, daß jedem Meßnetznoten in etwa eine gleiche Zahl an Sonden zugewiesen ist. Die Aufteilung der Betreuungsbereiche orientiert sich analog an Ländergrenzen, berücksichtigt aber die meßnetznotenspezifische Anzahl an Mitarbeitern zur Durchführung der Wartungstätigkeiten. Die Meßnetzpflege wird dabei zentral über die Ersatzzentrale in Berlin koordiniert.

Nachdem der Aufbau des Meßnetzes in den Neuen Bundesländern weitgehend abgeschlossen wurde, ist in den kommenden drei Jahren die Homogenisierung des Meßnetzes in den Alten Bundesländern vorgesehen. Insgesamt sind jährlich ca. 165 Verlegungen vorgesehen, um dann im gesamten Bundesgebiet ein einheitliches Sondenraster mit einem mittleren Abstand von 15 km zu erreichen.

Weitere Migrationsschritte betreffen die In-situ-Meßfahrzeuge. Sämtliche 6 Fahrzeuge werden in den kommenden 3 Jahren

durch Fahrzeuge mit dem technischen Standard der In-situ-Systeme der Länder ersetzt.

Die In-Situ-Meßergebnisse werden mittels C-Netz zum IAR übertragen, dort auf Plausibilität geprüft und nach IMIS bzw. in die Meßnetzknotten weitergeleitet. Die entsprechenden Maßnahmen werden durch den Meßnetzknotten in Bonn koordiniert.

Basis für die weitere Verbesserung des Zusammenwirkens der Meßnetzknotten untereinander ist neben der Einrichtung und Vernetzung der Kommunikationsrechner die Integration sämtlicher Meßnetzknotten in das BfS-Netzwerk. Entsprechende Maßnahmen wurden in der Frühphase des Meßnetzübergangs getroffen. Die Ausstattung der Meßnetzknotten mit APC und einem Anschluß an das BfS-Netzwerk ist für das Ende des Jahres 1997 zu erwarten.

**Stand der routinemäßigen In-situ-Messungen des Bundes und der Länder**

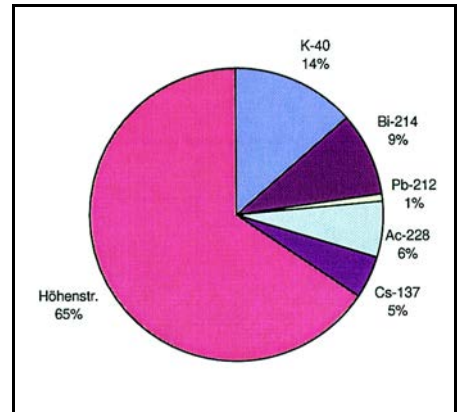
J. Bieringer, P. Bieringer

Die im Routinebetrieb von IMIS durchgeführten In-situ-Messungen des Bundes und der Länder dienen der regelmäßigen Ermittlung der Vorbelastung des Bodens mit künstlichen Radionukliden, die im Ereignisfall zur Berechnung von Nettowerten der Aktivitätsflächenbelegung (frische Deposition) bekannt sein muß. Für die synoptische Plausibilitätsprüfung im Ereignisfall ist anzustreben, In-situ-Meßwerte von möglichst vielen ODL-Standorten zur Verfügung zu haben. Dabei sollten die Standorte so ausgewählt werden, daß sie möglichst ideale Bedingungen aufweisen. Als ideal ist in diesem Zusammenhang eine möglichst geringe Beeinflussung der Meßergebnisse von  $\gamma$ -Ortsdosisleistung ( $\gamma$ -ODL) – bzw. In-situ-Messung durch Bewuchs, Bebauung o. ä. zu verstehen.

Zur Zeit befinden sich insgesamt ca. 3300 geprüfte Datensätze der In-situ-Messungen aller Datenerzeuger (BfS, DWD, Länder) in der lokalen Datenbank des IAR. Die entsprechenden Messungen wurden von 1993 bis 1997 an ca. 1400 verschiedenen Meßorten sowie den 38 ortsfesten DWD-Stationen durchgeführt. Die bundeslandbezogene Anzahl der Meßpunkte ist **Tabelle S-21** zu entnehmen.

Die nuklidspezifische Messung ermöglicht die Bestimmung der Beiträge der am Boden deponierten Aktivität zur am Standort bestimmten  $\gamma$ -ODL. Diese Ergebnisse sind für die synoptische Plausibilitätsprüfung bzw. für die Berechnung von Netto-ODL-Werten im Ereignisfall notwendig [1]. Im Bundesgebiet variiert die gesamte im ODL-Meßnetz des BfS gemessene (-ODL zwischen 65 und 200 nGy/h; sie setzt sich im wesentlichen aus der kosmischen und der terrestrischen Komponente zusammen. Der Anteil der gemessenen kosmischen Komponente liegt je nach der Höhe des Standorts über dem Meeresspiegel zwischen ca. 60 (0 m ü. N.N.) und 90 (1500 m ü. N.N.) nGy/h. Der Beitrag an Cs-137 aus dem Tschernobyl-Fallout zu der terrestrischen Komponente beträgt in 80 % der Meßergebnisse weniger als 20 % – der Beitrag zur gesamten Dosisleistung beträgt im Durchschnitt weniger als 10 %. Eine typische Aufteilung der  $\gamma$ -ODL in ihre wesentlichen Komponenten ist in **Abbildung S-26** für einen BfS-Sondenstandort in Bayern dargestellt. Der Median der gemessenen  $\gamma$ -ODL an diesem Standort beträgt 98 nGy/h.

Da mit den mobilen Meßsystemen (BfS, Länder) die Standorte im jeweiligen Zuständigkeitsbereich turnusmäßig angefahren werden [2], liegen teilweise bereits mehrere Messungen an identischen Standorten vor, so daß Zeitverläufe der Meßwerte an diesen Standorten betrachtet werden können. Während – wie zu erwarten – der Beitrag des natürlich im Boden vorkommenden K-40 zur  $\gamma$ -ODL konstant bleibt, wird eine Abnahme der durch Cs-137 erzeugten Dosisleistung beobachtet, die auf die Wanderung des Cäsiums in tiefere Bodenschichten zurückgeführt werden kann.



**Abbildung S-26**  
Beiträge zur gemessenen  $\gamma$ -ODL an einem BfS-Sondenstandort in Bayern

Bundesland	Meßorte
Baden-Württemberg	119
Bayern	249
Berlin	11
Brandenburg	95
Bremen	2
Hamburg	9
Hessen	75
Mecklenburg-Vorp.	98
Niedersachsen	179
Nordrhein-Westfalen	134
Rheinland-Pfalz	68
Saarland	30
Sachsen	77
Sachsen-Anhalt	75
Schleswig-Holstein	74
Thüringen	88

**Tabelle S-21**  
Anzahl der In-situ-Meßpunkte in den einzelnen Bundesländer

[1] Stöhlker, U.; Bieringer, J.; Bieringer, P.; Zähringer, M. Die Berechnung von Netto-ODL-Werten. BfS-Jahresbericht 1996, S.122

[2] Rogowski, J.; Bieringer, P. In-situ-Messungen: Ergebnisse und Maßnahmen zur Qualitätssicherung im Routinebetrieb. BfS-Bericht 1995, S. 144–145



### Spurenanalyse der aerosolgebundenen Radioaktivität an den Probenahmeorten Schauinsland und Freiburg

J. Bieringer, P. Bieringer,  
O. Müller, C. Schlosser

Die Überwachung der bodennahen Luft im Hinblick auf künstliche Radioaktivität wurde auch 1997 fortgeführt. Die Probenahme erfolgte wöchentlich an der Meßstation Schauinsland (1200 m ü. N.N.), die gamma-spektrometrische Messung und Auswertung der Daten wurde am Institut in Freiburg durchgeführt. Im Rahmen der Vorbereitungen für ein Verifikationssystem für einen umfassenden Kernwaffenteststopp werden die von den Aerosolfiltern aufgenommenen Spektren wöchentlich als Rohdaten an ein Prototyp-IDC in Arlington (USA) übermittelt [1].

Die Aktivitätskonzentration des durch Höhenstrahlung produzierten natürlichen Radionuklids Be-7 blieb über das Jahr weitgehend konstant und lag im Jahresmittel bei  $5,1 \text{ mBq/m}^3$ . Die Maximalwerte in der Aktivitätskonzentration wurden auch 1997 im Monat August beobachtet, wobei Werte bis ca.  $10 \text{ mBq/m}^3$  erreicht wurden.

Die Aktivitätskonzentrationen des Cs-137 in den Wochenproben waren 1997 mit den Werten der vorangegangenen Jahre vergleichbar. Der Mittelwert der Aktivitätskonzentration lag bei  $0,6 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$ . Die Nachweisgrenze für Cs-137 konnte durch den Einsatz eines Low-Level Detektors mit 80 % Efficiency und geeigneten Maßnahmen zur Unterdrückung des natürlichen Untergrundes auf  $0,2 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$  gesenkt werden. Der Maximalwert der Aktivitätskonzentration von Cs-137 wurde in der 44. Kalenderwoche mit  $2 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$  ermittelt. Die in dieser Probe bestimmte Be-7 Aktivitätskonzentration macht Beimengungen aus stratosphärischen Luftmassen als Ursprung der Erhöhung unwahrscheinlich. Als mögliche Ursache kommt Resuspensi-

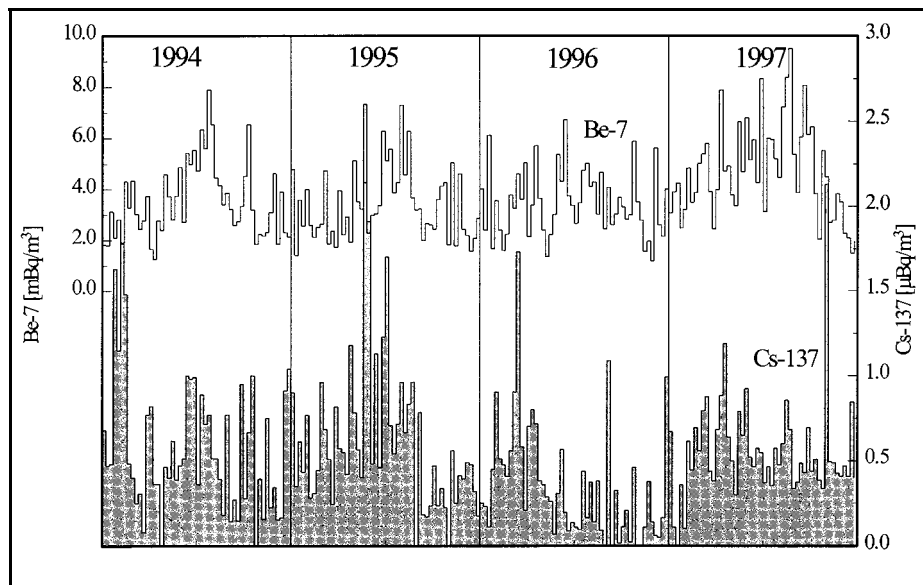


Abbildung S-27

Zeitlicher Verlauf der Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und Be-7 in den Jahren 1994–1997 an der Meßstation Schauinsland.

on von am Boden deponierter Aktivität in Betracht.

Außer Cs-137 wurden 1997 keine weiteren künstlichen Radionuklide nachgewiesen. Im Vergleich zu anderen europäischen Meßstationen wird an der Station Schauinsland eine geringe Cs-137 Aktivitätskonzentration gemessen. Typischerweise lagen die Werte für Cs-137 in Europa 1997 zwischen  $0,5$  und  $5 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$  [2].

Die Wochenmittelwerte der Radioiodfraktionen lagen wie in den vergangenen Jahren unterhalb der Nachweisgrenzen von ca.  $1 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$  für aerosolgebundenes bzw.  $1 \text{ mBq/m}^3$  für elementares bzw. organisch gebundenes Iod – bezogen auf I-131.

Im Jahre 1997 wurden die  $\gamma$ -spektrometrischen Messungen von Niederschlagsproben der Sammelorte Schauinsland und Freiburg wieder aufgenommen. Die Auswertung der auf dem Schauinsland ge-

nommenen Proben erfolgt im Routinefall auf der Basis von Wochenproben. In Freiburg stehen sowohl Wochen- als auch Monatsproben zur Verfügung. Die Messung und Auswertung der Proben von beiden Sammelorte erfolgt am IAR in Freiburg.

In Freiburg betrug die dem Boden zugeführte Cs-137 Aktivität im Berichtszeitraum in der Summe  $1,6 \text{ Bq/m}^2$ , der entsprechende Beitrag für Be-7 ergab sich zu  $990 \text{ Bq/m}^2$ .

[1] Zähringer, M. Beitrag des IAR zur Verifikation des Vertrages über das umfassende Verbot von Nuklearversuchen.

[2] Mason, L.R.; Bohner, J.D.; Evans, W.C. Radionuclide Monitoring Operations. Report of the Prototype International Data Centre, Quarterly reports 1996/1997

**Der Xenon-Untergrundpegel  
in Deutschland**

H. Sartorius

Xe-133 (Halbwertszeit (HWZ): 5.27 d) entsteht bei der Spaltung von U-235 bzw. Pu-239 mit einer Spaltausbeute von etwa 6,6%. Es stellt den Hauptbestandteil der Edelgasableitungen von Kernkraftwerken dar.

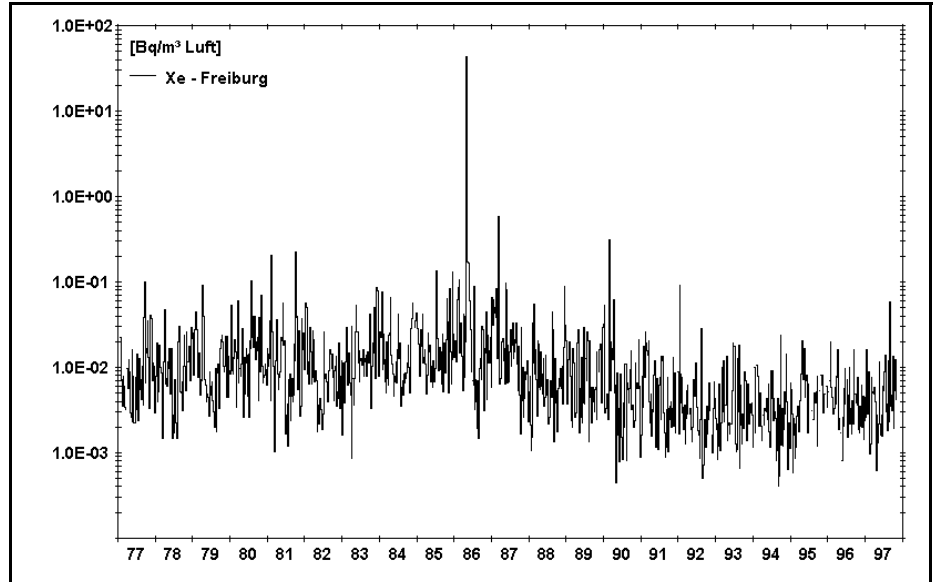
Eine direkte Messung der Xe-133-Aktivität der Luft ist bei dem derzeit vorliegenden niedrigen Pegel nicht möglich. Das in Freiburg angewandte Probennahme- und Meßverfahren [1] besteht aus drei Schritten:

- kryogene Anreicherung der Xenon-Fraktion der Luft während der Probenahme,
- chromatographische Reinigung der angereicherten Probe,
- $\beta$ -Messung im Zählrohr.

Aufgrund der hier eingesetzten integralen  $\beta$ -Messung kann direkt nicht zwischen verschiedenen Xenon-Isotopen unterschieden werden. Erst aus dem Verlauf der effektiven Zerfallskurve des Gemisches, die im Verlauf von Einzelmessungen über einen längeren Zeitraum hinweg ermittelt wird, können die Beiträge von Xe-133, Xe-131m (HWZ: 11,9 d) bzw. von Xe-135 (HWZ: 9,1 h) an der Gesamtaktivität bestimmt werden.

In Freiburg werden seit 1977 regelmäßig wöchentlich integrierende Messungen durchgeführt.

Wie aus **Abbildung S-28** ersichtlich, unterliegen die Meßwerte großen Schwankungen, mit einer Schwankungsbreite zwischen 1 und 100 mBq/m<sup>3</sup> Luft. Die Ursache hierfür liegt in der relativ kurzen Halbwertszeit des Xe-133. Hohe Meßwerte von 100 mBq/m<sup>3</sup> Luft und mehr lassen sich meist zu bekannten Wartungsarbeiten (wie Brennstoffwechsel) an benachbarten Kernkraftwerken wie Fessenheim (Frankreich) oder Leibstadt (Schweiz) zuordnen. Auffällig ist der hohe Meßwert von 43 Bq/m<sup>3</sup> Luft in der Woche vom 28. April bis 5. Mai 1986. Der höchste Tagesmittel-



**Abbildung S-28**  
Meßreihe der Xenon-Aktivitätskonzentrationen in Freiburg

Ort	geographische		in Betrieb seit	Meßwerte [mBq/m ] 1995 – 1997			
	Breite	Länge		n	Medianwert *)	Minimalwert	Maximalwert
Freiburg	48°00'N	07°51'E	1977	135	4.0	< 1.0	58.0
Schauinsland	47°55'N	07°54'E	1980	146	4.6	< 1.0	47.9
Bremgarten	47°57'N	07°37'E	1985	138	6.0	< 1.0	95.1
Braunschweig	52°15'N	10°30'E	1987	132	7.1	< 1.0	37.2
Perl	49°29'N	06°23'E	1989	127	9.4	< 1.0	305.2
Offenbach	50°07'N	08°44'E	1996	89	7.2	< 1.0	76.6
Berlin	52°32'N	13°25'E	1997	23	12.4	< 1.0	63.3
GESAMT				790	6.2		

n Anzahl der Meßwerte  
\*) der Werte oberhalb der Nachweisgrenze [1 mBq/m ]

**Tabelle S-22**  
Xenon-133-Aktivitäten

wert am 1. Mai 1986 betrug 106 Bq/m<sup>3</sup> Luft. In dem Gemisch der Spaltprodukte von Tschernobyl in der Luft auf dem Schauinsland war Xe-133 das Nuklid mit der absolut höchsten Aktivitätskonzentration. Auffällig ist die tendenzielle Abnahme von 1986 bis 1994 um eine Größenordnung. Diese hat ihre Ursache in der in die-

sem Ausmaß reduzierten Xe-133 Emission der benachbarten Kernkraftwerke [2]. Eine für die Verminderung des Xe-Pegels in Freiburg und auf dem Schauinsland ganz wesentliche Ursache liegt im Einbau einer weiteren Verzögerungsstrecke im KKW Fessenheim im Jahre 1988. Seit diesem Zeitpunkt sind die jährlichen Median-

werte von Freiburg und Schauinsland nicht mehr signifikant verschieden. Ein Einfluß vom KKW Fessenheim auf den Untergrundpegel von Freiburg und vom Schauinsland ist nicht mehr erkennbar.

Nach Inbetriebnahme der DWD Spurenstoffmeßstation Berlin im Frühjahr 1997 hat sich das Meßnetz der Xenon-Sammelstationen auf 7 Probenahmestellen erweitert. In beigefügter **Tabelle S-22** sind die Medianwerte 1995-1997 dieser Stationen aufgelistet. Der Medianwert all dieser Stationen beträgt  $6,2 \text{ mBq/m}^3$  Luft.

Vereinzelte Messungen an Proben aus Tsukuba (Japan) in den vergangenen zwei Jahren ergaben einen Medianwert von  $5 \text{ mBq/m}^3$  Luft. Ergebnisse aus Stockholm (Schweden) [3,4] ergeben einen Medianwert von  $3 \text{ mBq/m}^3$  Luft. Daß diese Ergebnisse sich nicht wesentlich von unseren Messungen unterscheiden, läßt darauf schließen, daß in Regionen mit Kernkraftwerken von einem Grundpegel von  $3-10 \text{ mBq/m}^3$  Luft ausgegangen werden kann.

- [1] *Stockburger, H.; Sartorius, H.; Sittkus, A.* Messung der Krypton-85- und Xe-133-Aktivität der atmosphärischen Luft. *Z. Naturforsch.* 32a (1977), S. 1249-1253
- [2] *Maushart, R.* Monitoring Emissions from Nuclear Facilities: Could Relevant Activities Escape Undetected? *Strahlenschutzpraxis* 2 (1996) 4, S. 70-77
- [3] *Larson, T.* Xe-133 concentration in ground level air in Stockholm. *Quarterly Reports 1990-1992, National Defense Research Establishment*
- [4] *Larson, T.* persönliche Mitteilung National Defense Research Establishment

---

**Beitrag des IAR  
zur Verifikation des Vertrages  
über das umfassende Verbot von  
Nuklearversuchen**

---

*M. Zähringer*

Im September 1996 wurde der Vertrag über das umfassende Verbot von Nuklearversuchen (UVNV) von der UN-Vollversammlung mit großer Mehrheit gebilligt. Obwohl dieser noch nicht in Kraft ist, wurde bereits im Jahr 1997 begonnen, ein Überwachungssystem (International Monitoring System, IMS) aufzubauen, um die Einhaltung des Vertrages überwachen zu können und potentielle Vertragsbrecher wirksam abschrecken zu können. Das Meßnetz wird in der Lage sein, global, flächendeckend und mit hoher Wahrscheinlichkeit atmosphärische, submarine und auch unterirdische nukleare Explosionen mit einer Sprengkraft über einer 1kt TNT zu registrieren, zu lokalisieren und zu identifizieren. Erreicht wird diese Sensitivität durch ein kombiniertes Meßnetz mit Stationen für Seismik, Infraschall, Hydroakustik und Radioaktivität [1]. Hierbei kommt der Synergie aller vier Methoden eine große Bedeutung zu. Radioaktivitätsmessungen werden insbesondere für die Identifizierung benötigt, da nur so in Zweifelsfällen die eindeutige Unterscheidung von chemischen und nuklearen Explosionen möglich ist.

**Abbildung S-29** zeigt die geographische Verteilung der 80 geplanten Radioaktivitätsmeßstellen. Die mittlere Maschenweite beträgt ca. 1500 km. Spätestens 3-5 Tage nach Freisetzung kann ein signifikantes Signal an mindestens einer Station erwartet werden. Innerhalb eines solchen Zeitrahmens sind Rückwärtstrajektorien in der Regel noch aussagekräftig. Ferner erlaubt das frische Spaltproduktspektrum eine eindeutige Unterscheidung von Spaltprodukten aus Kernwaffen und zivilen Anwendungen.

An allen Stationen sollen hochvolumige Staubprobensammler mit einem Durchsatz von mindestens  $500 \text{ m}^3/\text{h}$  tägliche Filterproben nehmen. Nach 4-24 Stunden Abkühlzeit werden die Filter dann mit

hochauflösender Gammaskopmetrie ausgewertet. Die geforderte Nachweisgrenze liegt bei  $10-30 \text{ mBq/m}^3$  für Ba-140. Im wesentlichen ist diese Nachweisgrenze durch den natürlichen Untergrund von Pb-212 aus der Zerfallsreihe des Rn-220 gegeben. An 40 Stationen sollen zusätzlich in Tagesproben Xenonisotope gemessen werden. Die geforderte Nachweisgrenze soll bei  $1 \text{ mBq/m}^3$  für Xe-133 liegen. Die Meßwerte müssen als Rohdaten (incl. Spektren) täglich an das Internationale Datenzentrum (IDC) in Wien übermittelt werden, um sie dort auswerten, archivieren und an die Signatarstaaten verteilen zu können.

Das IAR beteiligte sich bereits während der Verhandlungsphase in zahlreichen Expertentreffen an der fachlichen Konzeption des Meßnetzes für Radioaktivität. Hierbei konnte auf die bis in die 50er Jahre zurückreichende Erfahrung des Institutes mit Spurenmessungen zurückgegriffen werden. Bereits 1953 wurde auf dem Schauinsland erstmalig in Deutschland radioaktiver Fallout von oberirdischen Kernwaffentests nachgewiesen [2].

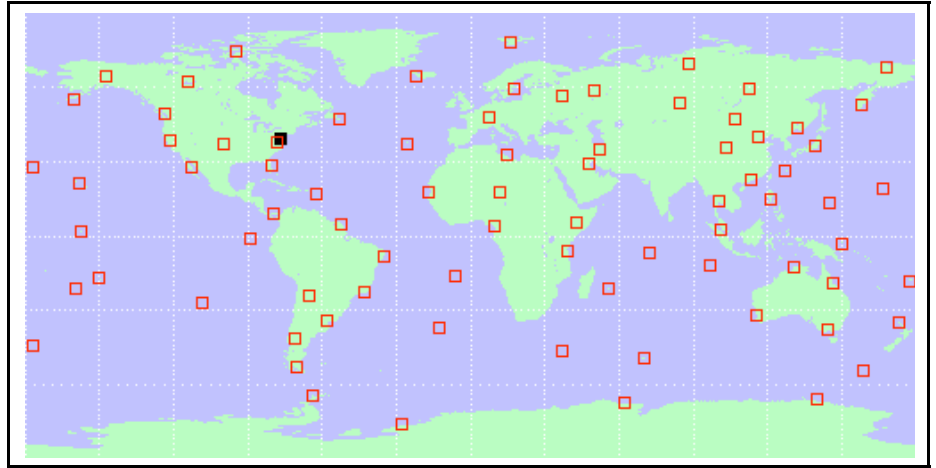
Ein umstrittener Bestandteil des Meßnetzes sind die Xenonmessungen. Wegen der hohen Flüchtigkeit von Edelgasen kann ihnen eine besondere Bedeutung beim Nachweis von unterirdischen Explosionen zukommen. Im Gegensatz zur Aerosolprobennahme ist diese Meßtechnik jedoch relativ wenig verbreitet. Um so wichtiger sind die Erfahrungen, die das IAR hier in die Expertendiskussionen einbringen kann [3]. Die Aufnahme von Xenonmessungen mußte in den Vertragsverhandlungen gegen mehr politisch motivierte Widerstände durchgesetzt werden. Der gegenwärtige Stand von nur 40 statt 80 Edelgasmeßstationen ist das Ergebnis eines politischen Kompromisses. Es bleibt zukünftiger Überzeugungsarbeit überlassen, hier doch noch eine fachlich befriedigendere Lösung zu erreichen.

Seit 1995 beteiligt sich das IAR zusammen mit ca. 20 weiteren Stationen weltweit bereits an einer Prototyp-Version des IMS und übermittelt Daten an ein Prototyp-IDC in Arlington (USA). Gegenwärtig sind die Daten über Internet (<http://www.picd.org>) frei zugänglich und können von jedem Interessierten abgerufen werden. Sowohl

die natürlichen Luftradioaktivität (Be-7, Pb-212, Na-22) wie auch anthropogene Spuren (Cs-137, Na-24, I-131, I-123, Xe-133) zeigen dort sehr unterschiedliche, für jede Meßstation spezifische Charakteristika [4].

Die Station Schauinsland des IAR wird mit Aerosol- und Xenonmessungen Bestandteil des internationalen Meßnetzes sein. Die Station liegt in 1200 m Höhe ü. N.N. und erfaßt somit Luftmassen, die relativ schnell weiträumig verfrachtet werden. Sie zeichnet sich aufgrund ihrer exponierten Lage durch einen relativ niedrigen Radonpegel aus. Xenonfreisetzungen aus Kernkraftwerken des angrenzenden Auslandes führen zu keiner meßbaren Erhöhung des Untergrundes verglichen mit anderen mitteleuropäischen Standorten. Es ist geplant, vor Ende 1998 den regulären Meßbetrieb als IMS-Station aufzunehmen.

[1] Weiss, W. Atomteststopp-Verifikation II. Das Radioaktivitätsmeßnetz, Spektrum der Wissenschaft, August 1997, S. 109–111



**Abbildung S-29**

Geographische Position der Stationen des Radioaktivitätsmeßnetzes; das dunkle Quadrat zeigt den Ort des vorläufigen internationalen Datenzentrums

- [2] Sittkus, A. Beobachtungen an radioaktiven Schwaden von atomtechnischen Versuchen im Jahre 1953/54. Die Naturwissenschaften Heft 17 (1955), S.478–482
- [3] Sartorius, H. Der Xenon-Untergrundpegel in Deutschland gleicher Jahresbericht
- [4] Bieringer, J., Bieringer, P., Müller, O. und Schlosser, C. Spurenanalyse der aerosolgebundenen Radioaktivität an den Probenahmeorten Schauinsland und Freiburg, gleicher Jahresbericht

## Weiterentwicklung von ECURIE und EURDEP

C. Höbler

Die zuständige nationale Behörde für die Erfüllung der Schnellinformationsabkommen der EU bzw. der IAEA bei kerntechnischen Notfällen ist das BMU [1], die nationale Kontaktstelle das BMI Lagezentrum. Das BMI Lagezentrum war bisher technisch nicht in der Lage, der Aufgabe als nationale Kontaktstelle gerecht zu werden [2]. Das IAR unterstützt BMU und BMI bei der Aufgabenerledigung und insbesondere bei der Integration der entsprechenden technischen Systeme (ECURIE und EURDEP) [3]. Zum Zwecke der dauerhaften Sicherstellung der Betriebsbereitschaft der technischen Einrichtungen von ECURIE und des Erfahrungsaufbaus beim Umgang mit dem System werden von Seiten der EU regelmäßig Übungen durchgeführt. Anlässlich der INEX 2 Übung im Juli 1997 konnte die operationelle Funktionsfähigkeit der ECURIE Systeme beim IAR und im BMU mit Erfolg getestet werden.

Die derzeit im ECURIE System eingesetzte CDS (Coding Decoding Software) ist technisch veraltet und mit Mängeln behaftet. Sie soll Anfang 1998 durch die neue CoDecS Software abgelöst werden, die bedienerfreundlicher und zuverlässiger ist als die CDS. Das bisher ausschließlich mit Telex operierende Kommunikationsinterface der CDS wird mit der Einführung von CoDecS wesentlich schneller sein. Es wird ein standardisiertes, sicheres Übertragungsprotokoll (SMTP und FTP) über EURO ISDN als geschlossenes internationales Extranet mit redundanter Telexschnittstelle verwendet werden. Die Anforderungen Deutschlands an die neue Software wurden vom IAR bei dem für die technischen Entwicklungen verantwortlichen JRC (Joint Research Centre der EU) Ispra eingebracht. Das Konzept sieht neben der Einführung von CoDecS die flexible Nutzung von Software-Werkzeugen innerhalb eines geschlossenen Netzes vor, die auf den Standards des OpenWeb basieren. Es entspricht damit den nationalen und internationalen Entwicklungen, z. B. dem Prototyp-IMIS, EURDEP (EU Radiolo-

gical Data Exchange Platform) und der REM-(Radioactivity Environmental Monitoring) Datenbank der EU. Im IAR als nationale Zentrale der Bundesmeßnetze „Luft“ für IMIS ordnen sich diese Entwicklungen zusammen mit den Bemühungen um den bilateralen Datenaustausch mit Frankreich, der Schweiz und den Niederlanden sowie mit der bereits realisierten Datenverbindung zu RODOS und zu den KfÜ Systemen in die laufenden Entwicklungen für das neue IMIS System ein. Ziel ist es, die umfangreichen Daten und Informationen dieser externen Stellen über IMIS in einheitlicher Form zur Verfügung zu stellen.

Es wurde ein organisatorisch-technisches Konzept [5] erarbeitet, welches sowohl die veränderten technischen Randbedingungen der EU als auch die Einbindung des BMI Lagezentrums als nationale Kontaktstelle berücksichtigt. Ziel ist es, bis Ende 1998 das neue ECURIE System im BMU, im BMI Lagezentrum und im IAR operationell in Betrieb zu nehmen.

Bei der Entwicklung von EURDEP fungiert das IAR als nationaler Ansprechpartner. Seit Ende 1994 wird vom JRC der Datenaustausch testweise mit 16 Staaten (Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Rumänien, Schweden, Spanien, und Tschechien) per Internet betrieben. 1998 werden sich Belgien, Italien, Schweiz und gegebenenfalls Ungarn und Polen anschließen. Das EURDEP System soll mit dem in Entwicklung befindlichen Prototypsystem der EU für Osteuropa verbunden werden [6].

Zur Zeit werden wöchentlich ODL-Daten in einem Raster von maximal im 100 x 100 km<sup>2</sup> (für Deutschland ca. 50 Stationen) ausgetauscht. Nach Fertigstellung der Konvertierungsroutinen vom und zum EURDEP Datenaustauschformat bei allen nationalen Kontaktstellen und dem Abschluß von Tests alternativer Übertragungsmedien sollen zusätzlich meteorologische sowie Aerosol- und Depositionsdaten ausgetauscht werden. Die Übertragung soll täglich erfolgen [7]. Die Daten werden über geschützte Zugänge auf einem zentralen Server bei JRC gespeichert und können graphisch aufbereitet werden. Auf dem gleichen Server wer-

den prototypisch die ECURIE Informationen von Übungen der Stufe 3 in einer ECURIE Datenbank abgespeichert. Sie können mit den gleichen Werkzeugen bearbeitet werden (<http://java.ei.jrc.it>).

Die OpenWeb Entwicklungen von JRC zu ECURIE und EURDEP fanden bei den Mitgliedsstaaten breite Zustimmung. EURDEP soll zukünftig als Hilfsmittel für ECURIE das politische Mandat bekommen.

- [1] Guidance on International Exchange of Information and Data Following a Major Nuclear Accident or Radiological Emergency, STI/PUB/94, IAEA, Vienna, 1992
- [2] Höbler, C. Abschluß der technischen und organisatorischen Realisierung der nationalen Kontaktstelle im IAR, Erfahrungen und zukünftige Entwicklungen von ECURIE. BfS Jahresbericht 1995, S. 143
- [3] Höbler, C. Konzept zur technisch-organisatorischen Realisierung der Einbeziehung des IAR als nationale Kontaktstelle für den IIA der IAEA und EG. BfS/S-IAR, 1992
- [4] Höbler, C. Erfahrungen mit ECURIE und zukünftige Entwicklungen von EURDEP – weitere Schritte zu einem europäischen Datenverbund. BfS Jahresbericht 1996, S. 126-127
- [5] Höbler, C., Weiss, W. Konzept zur Schaffung der organisatorisch/technischen Voraussetzungen für die Nutzung des BMI Lagezentrums für den internationalen Informationsaustausch mittels ECURIE. BfS/S-IAR, 27.08.97
- [6] Weiss, W.; Leeb, H.; Höbler, C. Terms of Reference for the Development of a Prototype System for the International On-Line Exchange of Radiological Data and Information within Eastern Europe in the Event of a Nuclear Emergency. BfS, AG IMIS IT, 08/97
- [7] De Cort, M.; de Vries, G. The EU Radiological Data Exchange Platform (EURDEP): recent developments. European Commission Environment Institut JRC, Ispra, 10/95

Vakatseite

---

### **Zusammenarbeit mit Polen**

---

Mit dem Zentrallabor für Strahlenschutz (CLOR) in Warschau besteht seit mehreren Jahren eine wissenschaftliche Zusammenarbeit. Gegenwärtig wird von der deutsch-polnischen Gesellschaft ein Projekt des CLOR gefördert, die landesweit eingesetzten hochvolumigen Staubprobensammler zur Überwachung der Luft zu einem frühwarnfähigen Meßsystem auszubauen. Dieses Projekt wird vom IAR wissenschaftlich begleitet.

---

### **Europäische Zusammenarbeit im Rahmen von VISEC**

---

Das vom niederländischen Umweltministerium (VROM) entworfene Projektvorhaben VISEC soll die fehlende kartographische Visualisierung von Informationen aus dem Datenformat der innerhalb ECURIE [1] auszutauschenden Meldungen (CIS) optional ermöglichen. Von VROM wurde zu diesem Zweck ein sehr umfangreicher Projektplan entwickelt, der in mehreren Phasen die fachliche und technische Realisierung

diese Vorhabens unter Mitwirkung einer Projektgruppe, bestehend aus Experten einiger an ECURIE beteiligter Staaten (Belgien, Deutschland, Griechenland, Luxemburg, Niederlande, Österreich, Portugal), erarbeiten soll. Für Deutschland beteiligt sich das IAR an diesem Projekt trotz einiger Vorbehalte, die sich auf konzeptionelle technische Schwachstellen beziehen [2].

- [1] *Höbler, Ch.*  
Weiterentwicklung von ECURIE und EURDEP, BfS Jahresbericht 1997
- [2] *Höbler, Ch.*  
Bericht zu Hintergründen und Status von VISEC (Visualizing ECURIE Information) und Entwicklungen im Zusammenhang mit ECURIE, BfS S-IAR, 03.06.97

---

### **Zusammenarbeit mit dem niederländischen „Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu“**

---

Als Ergebnis der 24. Sitzung der AG 2 „Notfallschutz“ der Niederländisch-Deutschen Kommission für grenznahe kern-

technische Einrichtungen (NDKK) vom 05./06.06.97 soll das IAR in Zusammenarbeit mit niederländischen Experten eine Datenschnittstelle und ein Austauschverfahren mit der in den Niederlanden zuständigen Meßnetzzentrale RIVM im Auftrag des BMU und des niederländischen Umweltministeriums VROM erarbeiten. Dazu wurde ein technisches Konzept entworfen und erste Kontakte mit Vertretern des RIVM aufgenommen.

---

### **Globales Kr-85 Meßnetz**

---

Die bereits im Bericht des Vorjahres beschriebene internationale Zusammenarbeit im Rahmen des globales Kr-85-Meßnetzes [1] wurde im Berichtsjahr fortgesetzt.

- [1] Globales Kr-85 Meßnetz.  
BfS-Jahresbericht 1996, S. 128

Vakatseite



---

**BfS/EC Workshop**  
**„Optimierung der Entscheidungsunterstützung**  
**in kerntechnischen Notfällen“,**  
**8. – 10. Dezember 1997**

---

Das Bundesamt für Strahlenschutz veranstaltete in Zusammenarbeit mit der Kommission der Europäischen Gemeinschaft vom 8. bis 10. Dezember am Institut für Atmosphärische Radioaktivität einen Workshop zu Fragen der Optimierung der Entscheidungsunterstützung in kerntechnischen Notfällen. Aufbauend auf den

nach Tschernobyl in vielen europäischen Ländern entwickelten computergestützten Meß- und Auswerteverfahren zur Lageermittlung, Lagebewertung und Entscheidungsunterstützung wurden Wege diskutiert, die der Vereinheitlichung und Optimierung der vorhandenen Systeme und dem Schließen von Lücken dienen.

Ein besonderes Anliegen stellten dabei Fragen des grenzüberschreitend einheitlichen Handelns in einem Europa ohne Grenzen dar. Das breite Themenspektrum reichte von Fragen der Abschätzung von Umweltauswirkungen aus Betriebsparametern von Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs bis hin zu Meßstrategien zur La-

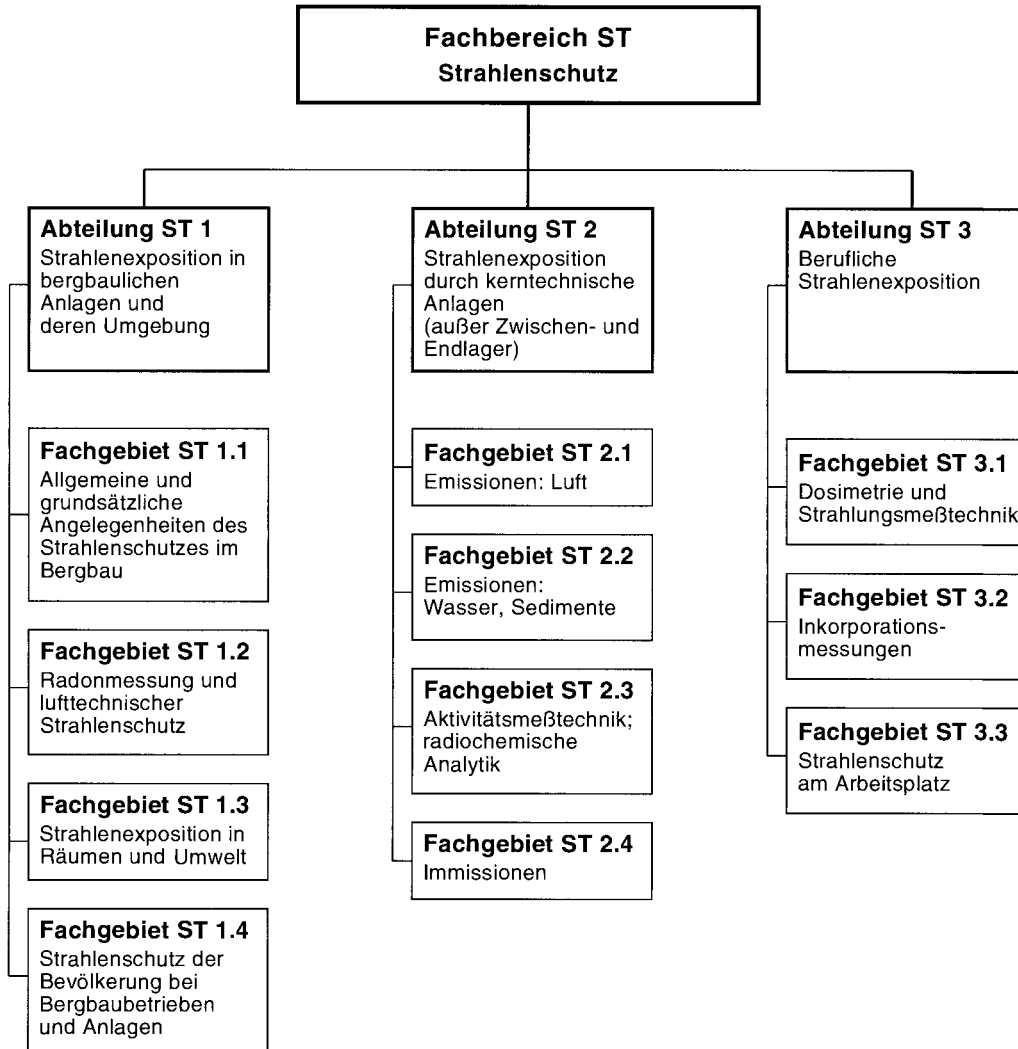
geermittlung bei einer Kontamination der Umwelt.

Es nahmen ca. 30 eingeladene Experten aus den Mitgliedsstaaten der EU, der Schweiz und aus Mittel- und Osteuropäischen Staaten teil. Etwa die Hälfte des Teilnehmerkreises waren Anwender von Entscheidungshilfen in staatlichen Institutionen, die andere Hälfte Entwickler solcher Systeme in einschlägigen Forschungseinrichtungen. Die Ergebnisse der Veranstaltung werden insbesondere in die Forschungs- und Förderungsplanung der Kommission der Europäischen Gemeinschaft für die kommenden Jahre einfließen.

Vakatseite

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachbereich Strahlenschutz



Vakatseite

# Fachbereich Strahlenschutz

## Bericht des Instituts

Der Fachbereich Strahlenschutz (ST) erfüllt wissenschaftlich begründete, behördennahe Aufgaben auf dem Gebiet des Strahlenschutzes von Mensch und Umwelt. Auf praktische Probleme des Strahlenschutzes ausgerichtet, befaßt er sich mit der Bestimmung der Strahlenexposition durch natürliche und künstliche Quellen und den dazu benötigten Methoden, mit der Beurteilung festgestellter Situationen sowie der Notwendigkeit und Wirkung technischer und organisatorischer Strahlenschutzmaßnahmen. Im Fachbereich werden auch Forschungsaufgaben des Strahlenschutzes bearbeitet, deren Ergebnisse das BMU zur Erfüllung seiner Ressortaufgaben benötigt.

Der für den Fachbereich aufgestellte Geschäftsverteilungsplan sieht die Bearbeitung der Aufgaben in drei Abteilungen vor.

### **Abteilung ST 1 Strahlenexposition in bergbaulichen Anlagen und deren Umgebung**

Hauptaufgabe dieser Abteilung ist die Ermittlung der natürlichen und bergbaubedingten Radioaktivität in der Lebensumwelt des Menschen, insbesondere der Wohn- und Arbeitsumwelt, und ihre Bewertung hinsichtlich der resultierenden Strahlenexposition.

Die im Fachgebiet ST 1.1 **Allgemeine und grundsätzliche Angelegenheiten des Strahlenschutzes im Bergbau** bearbeiteten Hauptaufgaben betreffen:

- Analysen und Bewertungen der Strahlenexpositionen aus natürlicherweise vorhandenen Strahlenquellen,
- Ableitung von Kriterien zur Beurteilung der Auswirkungen des Uranerz- und sonstigen Bergbaus auf die Strahlenexposition der Bevölkerung und zur Entscheidung über die Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen,
- Ausarbeitung von Konzepten zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei

erhöhten Strahlenexpositionen aus natürlicherweise vorkommenden Strahlenquellen,

- Anfertigung von Berichten zur natürlichen Umweltradioaktivität und der durch sie verursachten Strahlenexposition, zur Strahlenexposition aus natürlicherweise vorkommenden Strahlenquellen an Arbeitsplätzen und zur Strahlenexposition der Bevölkerung aus bergbaulichen Tätigkeiten und Hinterlassenschaften,
- fachliche Koordinierung der Forschungsvorhaben für das Aufgabengebiet.

Die Schwerpunktaufgaben des Fachgebietes ST 1.2 **Radonmessung und lufttechnischer Strahlenschutz** betreffen:

- Entwicklung oder Prüfung von Verfahren, Mitteln und Methoden zur Bestimmung von Radon, Radonzerfallsprodukten, Aerosolen und Stäuben,
- Kalibrierung und Qualitätsüberwachung der Meßmittel zur Bestimmung von Radon und Radonzerfallsprodukten, insbesondere Arbeiten der Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten in den neuen Bundesländern,
- Entwicklung von Methoden zur Überwachung an Arbeitsplätzen mit erhöhter Strahlenexposition durch Radon und Radonzerfallsprodukte,
- Kontrolle, Analyse und Bewertung der beruflichen Strahlenexposition an Arbeitsplätzen mit erhöhter Exposition durch Radonzerfallsprodukte,
- Methodische Arbeiten zur retrospektiven Ermittlung von Expositionen durch Radon und Radonzerfallsprodukte,
- Bearbeitung ausgewählter Probleme der Anwendung lufttechnischer Methoden für Strahlenschutzaufgaben sowie von Prüf- und Meßaufgaben für zuzuordnende physikalische Parameter und Meßgrößen.

Im Vordergrund der Aufgaben des Fachgebietes ST 1.3 **Strahlenexposition in Räumen und der Umwelt** stehen die:

- Ermittlung und Bewertung der Strahlenexposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Wohnungen,
- Beurteilung der geogenen und bergbaulichen Beeinflussung der Radonkonzentration in Häusern,
- Bewertung von Sanierungen radonbelasteter Gebäude und des Schutzes vor erhöhten Radonkonzentrationen in Neubauten,
- Bewertung der Radioaktivität von Baustoffen und Abschätzung der davon ausgehenden Strahlenexposition.

Das Fachgebiet ST 1.4 **Strahlenexposition der Bevölkerung bei Bergbaubetrieben und Anlagen** bearbeitet folgende Hauptaufgaben:

- Entwicklung von Verfahren und Methoden zur Ermittlung, Bewertung und Überwachung der Kontamination der Umwelt und der daraus resultierenden Strahlenexposition der Bevölkerung durch bergbauliche und andere industrielle Tätigkeiten und Hinterlassenschaften einschließlich der Bewertung von Sanierungsmaßnahmen,
- Durchführung von Untersuchungen zur Beurteilung spezieller Expositionspfade bei Vorliegen erhöhter Konzentrationen natürlicher Radionuklide,
- Führung von Datenbanken über bergbauliche Hinterlassenschaften und bergbaubedingt erhöhte natürliche Radioaktivität in der Umwelt und deren Bewertung,
- Schaffung von Übersichten über natürliche und anthropogen erhöhte Konzentrationen von Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihen in für die Strahlenexposition der Bevölkerung relevanten Medien,
- Bearbeitung der Bundesaufgabe nach § 11 Abs. 8 StrVG (Ermittlung der bergbaubedingten Umweltradioaktivität in den neuen Bundesländern).

# Fachbereich Strahlenschutz

## Bericht des Instituts

### Abteilung ST 2 Strahlenexposition durch kerntechnische Anlagen (außer Zwischen- und Endlager)

In dieser Abteilung sind die Aufgaben der Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen für die Bereiche Abluft und Abwasser zusammengefaßt. Die Weiterentwicklung und Anwendung der radiochemischen Analytik, der Aktivitätsmeßtechnik und der In-situ-Gamma-Spektrometrie, insbesondere zur Bestimmung von natürlichen Radionukliden in Umweltmedien, stellt eine weitere wichtige Aufgabe für den gesamten Fachbereich dar. Diese Aufgaben werden in vier Fachgebieten bearbeitet.

Im Fachgebiet ST 2.1 **Emissionen: Luft** werden Überwachungskonzepte, Meßvorschriften und -anleitungen sowie Richtlinien zur Emissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen für den Bereich Abluft erarbeitet und fortgeschrieben. Das Fachgebiet nimmt zudem die Aufgaben einer Leitstelle für den Bereich Abluft wahr. Es werden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Untersuchungen zu Meßverfahren und Meßvorschriften, insbesondere Entwicklung und Beurteilung von alpha-, beta- und gammaspektrometrischen Meßmethoden und radiochemischen Analyseverfahren zur Bestimmung künstlicher Radionuklide,
- Entwicklung und Beurteilung von Probenentnahmeverfahren,
- Bewertung der radioaktiven Ableitungen,
- Maßnahmen zur Qualitätsüberwachung der Emissionsmessungen bei kerntechnischen Anlagen im Auftrag der Länder (Kontrolle der Eigenüberwachung),
- Methodische Arbeiten zur Strahlenschutzmeßtechnik,
- Strahlenmessungen aus der Luft,

- Aufgaben des Teils „Raumluftüberwachung“ der Leitstelle Inkorporationsüberwachung.

Das Fachgebiet ST 2.2 **Emissionen: Wasser, Sediment** befaßt sich mit der Überwachung und Bewertung der Emissionen radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen für den Bereich Abwasser. Das Fachgebiet nimmt die Aufgaben der Leitstelle für die Überwachung des Abwassers aus kerntechnischen Anlagen wahr und bearbeitet folgende Arbeitsschwerpunkte:

- Entwicklung und Erprobung von Probenentnahme-, Analysen- und Meßverfahren in den Bereichen Wasser und Sediment,
- Ermittlung und Bewertung der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung von kerntechnischen Anlagen infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser,
- Durchführung von Maßnahmen zur Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus kerntechnischen Anlagen,
- Ausarbeitung von Überwachungskonzepten, Richtlinien und Meßvorschriften im Rahmen der Emissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen für den Bereich Abwasser.

Das Fachgebiet ST 2.3 **Aktivitätsmeßtechnik; Radiochemische Analytik** ist auf methodisch-analytische Arbeiten ausgerichtet und bearbeitet umfangreiche meßtechnische und analytische Aufgaben für den gesamten Fachbereich. Im Fachgebiet werden die Aufgaben der Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten in den neuen Bundesländern (VOAS) sowie die Aufgaben des Teils Ausscheidungsanalyse der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BFS wahrgenommen.

Es werden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Anwendung, Anpassung und Weiterentwicklung von alpha-, beta- und gammaspektrometrischen Meßmethoden und radiochemischen Analyseverfahren, insbesondere zur Bestimmung von natürlichen Radionukliden in Proben,

- Bewertung, Formulierung und Empfehlung von Meßvorschriften,

- Qualitätsüberwachung bei Radioaktivitätsbestimmungen von natürlichen Radionukliden in Umweltmedien einschließlich der Durchführung von Ringvergleichen,

- Radionuklidbestimmungen in Proben zur Ermittlung der Umweltkontamination in Luft, Wasser, Sedimenten, Boden und Pflanzen durch natürliche Radionuklide, vor allem im Zusammenhang mit bergbaubedingten radiologischen Altlasten,

- radiochemisch-analytische Bestimmungen von Radionukliden in Ausscheidungsproben zur Ermittlung von Inkorporationen natürlicher Radionuklide.

Im Fachgebiet ST 2.4 **Immissionen** werden die Aufgaben der Leitstelle zur Überwachung der Umweltradioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) wahrgenommen. Darüber hinaus gehört die Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung (REI) in den Bereichen Trinkwasser und Grundwasser zu den Aufgaben des Fachgebietes. Derzeit werden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Entwicklung und Festlegung von Probenentnahme-, Analyse-, Meß- und Berechnungsverfahren,
- Zusammenfassung, Aufbereitung, Bewertung und Dokumentation der im Rahmen der Überwachung der Umweltradioaktivität von den Ländern und von Stellen außerhalb des Geltungsbereiches des StrVG ermittelten Daten sowie deren Bewertung,
- Durchführung von Ringversuchen und Vergleichsmessungen,
- Weiterentwicklung von Konzepten zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt im Rahmen von IMIS und zur Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen,

# Fachbereich Strahlenschutz

## Bericht des Instituts

- spezielle Untersuchungen zur Ermittlung des Gehaltes natürlicher Radionuklide – insbesondere Radon – im Trink- und Grundwasser in der Bundesrepublik Deutschland.

### Abteilung ST 3 Berufliche Strahlenexposition

Diese Abteilung bearbeitet mit ihren drei Fachgebieten Aufgaben zur Strahlenexposition und zum Strahlenschutz am Arbeitsplatz.

Im Fachgebiet ST 3.1 **Dosimetrie und Strahlungsmeßtechnik** werden dosimetrische Verfahren zur Messung der äußeren Exposition durch Photonen-, Beta- und Neutronenstrahlung beurteilt, weiterentwickelt und für Erhebungsmessungen an Arbeitsplätzen und in der Umwelt eingesetzt. Arbeitsschwerpunkte sind:

- Mitarbeit bei Grundsatzfragen der externen Dosimetrie, wie Einführung neuer Meßkonzepte und Meßgrößen, und bei der Standardisierung dosimetrischer Meßverfahren und Meßmittel,
- Erarbeitung von Studien zu Schwerpunkten beruflicher Strahlenexpositionen durch Neutronen und Betastrahlung und zu Notwendigkeit und Umfang diesbezüglicher personendosimetrischer Überwachungen,
- Untersuchung der Neutronenexposition an Behältern und Arbeitsplätzen für Kernbrennstoffe sowie der hierfür geeigneten Meßmethoden,
- Durchführung von Meßprogrammen zur natürlichen externen Strahlenexposition,
- Qualitätssicherungsmaßnahmen von Ortsdosisleistungsmessungen im Rahmen der Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung in den neuen Bundesländern.

Das Fachgebiet ST 3.2 **Inkorporationsmessungen** befaßt sich mit methodischen Problemen der Ermittlung der Körperaktivität mittels Ganz- und Teilkörperzählermeßverfahren sowie mit der Berechnung der Körperdosis aus den Meßdaten von In-

korporationsmessungen. Darüber hinaus werden Aufgaben der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS und Inkorporationsmessungen nach § 63 (6) StrlSchV wahrgenommen. Derzeit werden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Mitarbeit bei Grundsatzfragen der physikalischen Strahlenschutzkontrolle (§§ 62, 63 und 63a StrlSchV) wie Gestaltung und Umsetzung von Konzepten der Inkorporationsüberwachung zur einheitlichen und zuverlässigen Erfassung der inneren Strahlenbelastung,
- Wissenschaftliche Untersuchungen zu Expositionsproblemen als Folge von Inkorporationen natürlicher und künstlicher Radionuklide,
- Meßmethodische Entwicklung von Verfahren der Inkorporationsüberwachung für spezielle Radionuklide wie Pb-210 und natürliches Thorium,
- Qualitätssicherungsmaßnahmen für Inkorporationsmeßverfahren in Meßstellen nach § 63 (6) StrlSchV im Rahmen der Wahrnehmung von Aufgaben der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS,
- Inkorporationsmessungen an ausgewählten Personengruppen beruflich strahlenexponierter Personen und Personen aus der Bevölkerung unter Nutzung des leistungsstarken Ganzkörperzählers und der analytischen Laboratorien des Fachbereichs Strahlenschutz,
- Vorhaltung des Ganzkörperzählers für Einsätze im System der Vorsorge bei Strahlenunfällen (Regionales Strahlenschutzzentrum Berlin).

Die Aufgaben des Fachgebiets ST 3.3 **Strahlenschutz am Arbeitsplatz** umfassen die Erarbeitung von Methoden und Kriterien zur Bewertung des Strahlenschutzes am Arbeitsplatz, die Auswertung nationaler und internationaler Erfahrungen und Entwicklungen bei der Anwendung ionisierender Strahlung sowie die Ableitung von Schlußfolgerungen für den praktischen Strahlenschutz in Form von Empfehlungen und Richtlinien insbesondere zur Optimierung des beruflichen Strahlenschutzes. Im Fachgebiet werden dazu und

zur Unterstützung des BMU folgende Arbeitsschwerpunkte bearbeitet:

- Aufbau und Führung von Datenbanken zur Zweckmäßigkeitssaufsicht im Strahlenschutz, insbesondere über besondere Vorkommnisse, erteilte Genehmigungen der Länderbehörden, größere Bestrahlungseinrichtungen, Fachkurse,
- Erfassung und Auswertung besonderer Vorkommnisse beim Umgang mit Strahlenquellen und Weiterentwicklung des dazu erforderlichen Meldesystems,
- Modellierung der Expositionssituation an Arbeitsplätzen,
- Betreuung von Landesbehörden bei ausgewählten Problemen der Genehmigung und Aufsicht.

### Arbeitsschwerpunkte des Fachbereichs

Im folgenden werden einige Schwerpunkte der Tätigkeit des Fachbereiches Strahlenschutz im Jahre 1997 beschrieben. An der Bearbeitung der Themen waren häufig mehrere Fachgebiete beteiligt.

### Grundsatzfragen zur Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide

Die vorbereitenden Arbeiten für die Umsetzung der Richtlinie 96/29/Euratom in nationale Rechtsvorschriften und für die Ablösung der bisher im Gebiet der neuen Bundesländer auf der Grundlage des Einigungsvertrages weitergeltenden Rechtsvorschriften (Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz – VOAS, Anordnung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Halden und industriellen Absetzanlagen und bei der Verwendung darin abgelagerter Materialien – HaldAO) und für die Arbeiten an Strahlenschutzkonzeptionen für durch natürliche Radionuklide verursachte Interventionssituationen wurden fortgesetzt (Konzepte für radioaktive Altlasten).

Fachliche Prüfungen zur Einordnung der bergbaulichen Hinterlassenschaften so-

## Fachbereich Strahlenschutz

### Bericht des Instituts

wohl in das Grundkonzept des Strahlenschutzes als auch in das generelle Konzept für Altlasten bildeten den Schwerpunkt der Arbeiten. Bei der Einordnung in das Grundkonzept des Strahlenschutzes geht es vorrangig um Fragen der Rechtfertigung und Optimierung von Sanierungsmaßnahmen und der damit verbundenen generellen Anforderungen an dafür erforderliche Bewertungsgrundlagen, bei der Einordnung in das generelle Konzept für Altlasten dagegen um Ähnlichkeiten und Differenzierungen zu den einschlägigen Forderungen in den Entwürfen zum Bodenschutzgesetz.

Die Arbeiten zu Strahlenschutzkonzepten für durch natürliche Radionuklide verursachte Interventionssituationen spielten auch bei internationalen Aktivitäten des BfS eine große Rolle. Da dort die Diskussion über solche Konzepte immer noch nicht abgeschlossen ist, wurden die Vorgehensweise in Deutschland und die dabei gewonnenen Erfahrungen in die internationale Diskussion eingebracht, z. B. in die entsprechende Arbeitsgruppe der ICRP (Task Group on Protection Criteria for Chronic Exposure of the Public) sowie durch Beiträge auf entsprechenden internationalen Veranstaltungen.

Analysen über Notwendigkeit und Möglichkeiten einer Berücksichtigung erhöhter Strahlenexpositionen aus natürlicherweise vorkommenden Strahlenquellen in der Strahlenschutzkontrolle auf der Grundlage der Richtlinie 96/29/Euratom bildeten einen weiteren Schwerpunkt der Arbeiten. Erwähnt werden sollen als Beispiele dafür zusammenfassende Diskussionsmaterialien über die Grundsätze, die einer Einordnung in das bisherige Regelungssystem der Bundesrepublik zugrunde liegen sollten und über das Ausmaß der zu erwartenden Probleme vor allem bei der Berücksichtigung wesentlich erhöhter Strahlenexpositionen durch Radon/Radon-Zerfallsprodukte in der beruflichen Strahlenschutzkontrolle, die für die Strahlenschutzkommission, deren Ausschüsse und für Arbeitsgruppen des BMU vorbereitet wurden.

#### **Ermittlung der bergbaubedingten Umweltradioaktivität**

Mit dem Projekt „Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten – Altlastenkataster“ führt das BfS im Auftrag des BMU seit 1991 ein Ermittlungsprogramm zur Ausfüllung der im § 11 Abs. 8 festgelegten Bundesaufgabe durch. Bei der Konzeption dieses Projektes standen folgende Ziele im Vordergrund:

- Bereitstellung von Übersichten über Arten und Anzahl bergbaulicher Hinterlassenschaften und bergbaulich beeinflusster Flächen,
- Aussagen über das Ausmaß der aus bergbaulichen Tätigkeiten herrührenden Umweltradioaktivität,
- Identifikation von Flächen und Objekten, für die aus Strahlenschutzgründen keine Interventionen in Form von Sanierungsmaßnahmen oder Nutzungseinschränkungen erforderlich sind oder bei denen solche Maßnahmen oder Einschränkungen nur im Falle veränderter Verhältnisse zu erwägen sind,
- Identifikation von Flächen und Objekten, bei denen aus Strahlenschutzgründen keine Interventionen in Form von Sanierungsmaßnahmen oder Nutzungseinschränkung in Erwägung zu ziehen sind, die aber nach Abschluß des Projektes noch vertiefter standortspezifischer Untersuchungen oder Expositionsabschätzungen durch die Landesbehörden bedürfen. Dabei sollten mögliche Expositionsschwerpunkte, für die derartige Prüfungen vorrangig sind, so schnell als möglich erkannt werden.

Ein weiteres Ziel der Arbeiten im Rahmen des Projektes war die Gewinnung eines gesicherten Datenbestandes als Grundlage für die Erarbeitung strahlenschutzfachlicher Empfehlungen und strahlenschutzrechtlicher Vorgaben im Hinblick auf zu schaffende bundeseinheitliche Altlastenregelungen.

#### *Datenbank A.LAS.KA.*

Die Ergebnisse der in den ersten beiden Teilprojekten „Erfassung vorhandener Daten“ und „Verifikation“ zusammengetragenen Daten und Informationen sind in der Datenbank A.LAS.KA. dokumentiert, die im Rahmen des Projektes von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) entwickelt wurde. Sie enthält alle Informationen zu den bergbaulichen Objekten und bergbaulich beeinflussten Flächen („Objekte“), Informationen zu Schutzgütern in der Umgebung der Objekte, Ergebnisse von Übersichtsmessungen, die im Zusammenhang mit der Verifikation durchgeführt wurden, und eine radiologische Bewertung der einzelnen Objekte in Form einer Klassifikation, mit der die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen im Rahmen der Bundesaufgabe charakterisiert wird. Für ca. 57 % der Objekte bestand im Rahmen der Bundesaufgabe kein weiterer Untersuchungsbedarf, sie wurden als „nicht relevant“ klassifiziert, da für diese Objekte aufgrund der Untersuchungsmethodik und der konservativen Klassifikationskriterien davon auszugehen ist, daß im gegenwärtigen Zustand Nutzungsbeschränkungen oder Sanierungsmaßnahmen nicht erforderlich sind. Diese Klassifikation ist aber nicht gleichbedeutend mit einer Freigabe zur uneingeschränkten Nutzung. Deshalb schließt diese Klassifikation nicht aus, daß die zuständigen Landesbehörden bei Änderungen des Zustandes oder der Nutzung und insbesondere, wenn eine uneingeschränkte Nutzung beabsichtigt ist, in Einzelfällen zusätzliche Untersuchungen anordnen und ggf. eine Neubewertung vornehmen müssen. Die Landesbehörden nutzen dafür die ihnen übergebene Datenbank A.LAS.KA. Auch andere behördliche Aufgaben in den Ländern, Landkreisen und Kommunen werden mit Hilfe der durch die Datenbank A.LAS.KA. verfügbaren Informationen gelöst. Für die Meßprogramme, die im Rahmen der Bundesaufgabe sowohl für die Objekte, die nach der Verifikation als „möglicherweise relevant“ klassifiziert worden sind, als auch in der Umgebung derartiger Objekte durchgeführt werden müssen, bildet die Datenbank A.LAS.KA. die Grundlage für eine effektive Programmplanung.



# Fachbereich Strahlenschutz

## Bericht des Instituts

### Meßprogramme

Auch 1997 stand die Durchführung der Meßprogramme im Vordergrund der Arbeiten im Rahmen des Projektes. Mit diesen Untersuchungen wird die Datenbasis geschaffen, die für die abschließende Bewertung der Objekte im Sinne der eingangs genannten Zielstellung erforderlich ist. Im Rahmen der Meßprogramme werden die nach der Verifikation als „möglicherweise relevant“ eingestuften Objekte und ihre Umgebung zu Untersuchungsgebieten zusammengefaßt und im Detail untersucht (Messungen der Gamma-Ortsdosisleistung in einem engen Flächenraster, Rammkernsondierungen verbunden mit Gamma-Bohrlochmessungen und Probenentnahmen, Messungen der Aktivitätskonzentration von Materialien, Böden und Wässern, Radon im Freien u. a.).

Die Vielzahl von Untersuchungen und die Komplexität der Information, die sich aus den Meßprogrammen ergeben, erforderten eine wesentliche Erweiterung der Datenbank. In der Fachdatei „Radioaktivität“ werden nur die erhobenen Daten zur Umweltradioaktivität und die Daten geführt, die zur Abschätzung der durch die Objekte verursachten Strahlenexposition benötigt werden. Es entstehen jedoch weitere für die Gesamtbewertung wichtige Fachdateien (z. B. zur Geologie, Geochemie, Sedimentologie, Hydrologie). Diese Dateien und das geographische Informationssystem ARC/INFO wurden in das „Fachinformationssystem zur bergbaubedingten Umweltradioaktivität – FbU“ integriert, das mit einer benutzerfreundlichen Bedienungsfläche ausgestattet wurde und eine neue Qualität der Aus- und Bewertung der Daten schafft. Da in das FbU auch Daten des Umweltkatasters der WISMUT GmbH und Daten zur natürlichen Umweltradioaktivität aufgenommen wurden, steht nach Abschluß der Arbeiten ein für Bund und Länder gleichermaßen nutzbares, leistungsstarkes Informationssystem zur Verfügung.

Im Jahre 1997 wurden die Meßprogramme in den noch ausstehenden Gebieten und Restflächen durchgeführt, die abschließenden Bewertungen im Sinne der eingangs genannten Zielstellungen vorge-

nommen und die Ergebnisdokumentation vorbereitet.

### Bewertung bergbaulicher Hinterlassenschaften

Das eingangs genannte Ziel des Projektes erfordert neben der Schaffung von Übersichten über Anzahl und Arten der bergbaulichen Hinterlassenschaften und das Ausmaß der bergbaubedingt erhöhten Umweltradioaktivität auch die strahlenschutzfachliche Bewertung in Form einer Klassifikation.

Eine Erstbewertung wurde bereits nach Abschluß der Verifikationsphase vorgenommen (siehe oben). Die „möglicherweise relevanten“ Objekte werden auf der Grundlage der in den Meßprogrammen durchgeführten Untersuchungen einer detaillierteren Bewertung unterzogen, einschließlich einer Klassifikation und Identifikation derjenigen Objekte, für die Maßnahmen zur Reduzierung oder Beseitigung der Strahlenexposition erwogen werden sollten („relevante Objekte“).

Im einzelnen werden folgende Klassen von bergbaulichen Hinterlassenschaften und bergbaulich beeinflussten Flächen ausgewiesen:

- Objekte, für die aus Gründen des Strahlenschutzes keine Sanierungsmaßnahmen und Nutzungsbeschränkungen und deshalb auch keine weiteren Untersuchungen erforderlich sind (Klasse A1),
- ferner solche, für die beim gegenwärtigen Nutzungsgrad keine Sanierungsmaßnahmen zu erwägen und deshalb auch keine standortspezifischen Untersuchungen vorzunehmen sind, die aus Strahlenschutzgründen aber nur eingeschränkt genutzt werden können und für die deshalb bei bestimmten Nutzungsänderungen eine standortspezifische Prüfung vorgenommen werden sollte (Klasse A 2),
- und schließlich diejenigen, für die Einzelfallprüfungen unter Beachtung standortspezifischer Bedingungen erforderlich sind, um Entscheidungen über die Fortsetzung der bestehenden

Nutzung oder über die Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen mit dem Ziel der Verminderung oder Beseitigung der Strahlenexposition zu treffen (Klasse B).

Die für die Klassifikation benutzten Kriterien orientieren sich an der gemäß Einigungsvertrag fortgeltenden Halden-Anordnung der DDR und an den Empfehlungen der SSK „Grundsätze für die Verwahrung, Nutzung oder Freigabe von kontaminierten Materialien, Gebäuden, Flächen oder Halden aus dem Uranerzbergbau“, die auch schon bei der Erstbewertung herangezogen wurden.

- Die Einstufung in die Klasse A1 erfolgt, wenn bei den Messungen der spezifischen Aktivität von Hinterlassenschaften keine Werte  $> 0,2$  Bq/g für das ausschlaggebende Radionuklid der Uran-Radium-Zerfallsreihe festgestellt worden sind.
- Eine Einstufung in die Klasse A2 erfolgt, wenn Meßwerte der Aktivitätskonzentration im Bereich zwischen  $0,2$  und  $1$  Bq/g festgestellt wurden, die in Anspruch genommene Fläche  $\leq 10^4$  m<sup>2</sup> und die deponierte Materialmenge  $\leq 10^5$  m<sup>3</sup> ist und die Objekte nur entsprechend den o. a. SSK-Empfehlungen genutzt werden.
- Eine Einordnung in die Klasse B erfolgt dann, wenn Werte der Aktivitätskonzentration  $> 1$  Bq/g festgestellt wurden, wenn bei einer spezifischen Aktivität der Materialien im Bereich zwischen  $0,2$  und  $1$  Bq/g die in Anspruch genommene Fläche  $> 10^4$  m<sup>2</sup> oder das deponierte Materialvolumen  $> 10^5$  m<sup>3</sup> sind, aber auch dann, wenn von den o. a. Empfehlungen der SSK abweichende Nutzungen festgestellt wurden.

Für die Objekte Schächte und Stollen waren diese Kriterien jedoch nicht anwendbar, da deren Bedeutung für die Umweltradioaktivität aus der Abgabe von Schacht- oder Stollenwässern und aus der Freisetzung von Radon durch das Deckgebirge in die Raumluft darüber befindlicher Häuser resultiert.

Die Auswirkungen untertägiger bergbaulicher Hinterlassenschaften auf die Radonkonzentrationen in Gebäuden werden in

## Fachbereich Strahlenschutz

### Bericht des Instituts

gesonderten Forschungsvorhaben zur Identifikation von Radongebieten („radon prone areas“) untersucht. Insofern ist im Rahmen des Projektes nur eine Bewertung der Schachtwässer erforderlich, insbesondere in solchen Fällen, wenn die Schachtwässer zur Gewinnung von Trinkwasser genutzt werden. Deshalb erfolgt eine Klassifikation der Schächte und Stollen im Hinblick auf ihre radiologische Relevanz nur dann, wenn aus diesen bergbaulichen Objekten Wässer in die Umwelt abgegeben werden. Als Bewertungsmaßstab dienen die von der SSK empfohlenen „Strahlenschutzkriterien für die Nutzung von möglicherweise durch den Uranerzbergbau beeinflussten Wässern als Trinkwasser“.

Über die Klassifizierung der Einzelobjekte hinaus werden auch die bei den Meßprogrammen gewonnenen, aber nicht auf ein Objekt zu beziehenden Daten und Informationen in die strahlenschutzfachliche Bewertung des untersuchten Gebietes einbezogen. Auch dafür werden zur Bewertung die bereits genannten Kriterien und zusätzlich zur Bewertung der Radonfreisetzung aus bergbaulichen Hinterlassenschaften die „Strahlenschutzgrundsätze zur Bewertung der Strahlenexposition infolge von Radonemissionen aus bergbaulichen Hinterlassenschaften in den Uranerzbergbaugebieten Sachsens und Thüringens“ der SSK zugrunde gelegt. (Eine Entscheidung über die Verbindlichkeit dieser Empfehlung im Rahmen von Verwaltungsverfahren über bergbauliche Altlasten ist noch nicht getroffen worden.) Werden die in diesen Empfehlungen genannten Kriterien überschritten, liegt im Hinblick auf die Umweltradioaktivität eine besondere Situation vor. Für diese Fälle sind zunächst standortspezifische Prüfungen zur Klärung der Ursache erforderlich. Sollten bergbauliche Tätigkeiten oder Hinterlassenschaften als Ursache identifiziert werden, ist die Notwendigkeit von Strahlenschutzmaßnahmen zu prüfen.

Da die Radonmessungen im Freien in den Verdachtsflächen vor allem aus Zeit- und Kostengründen nicht in dem für die Anwendung der entsprechenden Empfehlung der SSK erforderlichen Umfang durchgeführt werden konnten (in jedem Ort der Verdachtsflächen hätten zumin-

dest an einem Punkt Langzeitmessungen der Radonkonzentration im Freien durchgeführt werden müssen), wurde das Programm GENDARM (Generische Determinierung altlastenbedingter Radonmaximalkonzentrationen) entwickelt, mit dem auf die Datenbank A.LAS.KA. aufbauend eine Klassifikation der Standorte hinsichtlich der durch Freisetzungen aus bergbaulichen Hinterlassenschaften verursachten Radonkonzentrationen vorgenommen werden kann und die Standorte identifiziert werden können, für die standortspezifische Untersuchungen erforderlich sind.

Durch Einbeziehung dieser Untersuchungsergebnisse ist eine umfassende Bewertung nicht nur der einzelnen Objekte, sondern der Gesamtsituation in den betroffenen Gebieten in dem einleitend genannten Sinne möglich.

Die Ergebnisse der bisherigen Meßprogramme und die Bewertungen lassen insgesamt den Schluß zu, daß die Anzahl der Objekte, für die aus Strahlenschutzgründen Sanierungsmaßnahmen erwogen werden sollten, im Vergleich zu der Gesamtzahl der bergbaulichen Hinterlassenschaften zwar klein, aber dennoch nennenswert ist.

#### **Strahlenexposition in Gebäuden**

Bei den Untersuchungen zur Bewertung der Strahlenexposition in Gebäuden stand 1997 wiederum die Konzentration des Radons im Mittelpunkt. Da aus den in den vergangenen Jahren durchgeführten Untersuchungen erkennbar war, daß es auch in Deutschland Gebiete gibt, in denen gehäuft über dem Normalbereich liegende Radonkonzentrationen in Wohnungen auftreten, empfahl die Strahlenschutzkommission (SSK) in ihren 1994 veröffentlichten Strahlenschutzgrundsätzen zur Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Gebäuden, solche Gebiete schrittweise im einzelnen festzulegen.

Die Ergebnisse bisher durchgeführter Meßprogramme zeigen, daß sowohl die Häufigkeit für über dem Normalbereich liegende Radonkonzentrationen als auch das Konzentrationsniveau in Gebäuden in

der Hauptsache auf folgende Ursachen zurückzuführen sind:

- geologische Bedingungen, vor allem die Radiumkonzentration der im Baugrund anstehenden Gesteine und Erden, deren Radonemanation und Permeabilität oder gebäudenahe tektonische Störungen,
- untertägige Anlagen des noch umgehenden oder bereits stillgelegten Bergbaus (z. B. in Gebäudenähe befindliche oder in Häuser mündende bergmännische Auffahrungen), Bebauung von Halden.

Daneben sind bauliche Gegebenheiten, die den Radoneintritt aus dem Baugrund in die Gebäude und die Radonausbreitung innerhalb der Gebäude bestimmen, wesentlich.

Der besonderen Bedeutung der geologischen Ursachen für erhöhte Radonkonzentrationen wird mit einem durch das BMU geförderten Forschungsvorhaben „Geogene Faktoren der Strahlenexposition unter besonderer Berücksichtigung des Radonpotentials“ Rechnung getragen. Im gleichen Vorhaben sind Gebiete auszuweisen, in denen bei derzeit üblicher Bauweise das Auftreten von Radonkonzentrationen über  $250 \text{ Bq/m}^3$  in Wohnräumen sehr unwahrscheinlich ist. Die Kenntnis solcher Regionen ist für die Bauleitplanung von besonderem Interesse.

Da für die Identifikation von Gebieten mit gehäuft auftretenden erhöhten Radonkonzentrationen in Gebäuden die geologische Indikation unverzichtbar, letztlich aber die Häufigkeit erhöhter Radonkonzentrationen in Häusern von Interesse ist, werden die geologisch prognostizierten Gebiete durch Radonmessungen in Wohnungen validiert.

1997 wurden in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen Radonmessungen in Häusern von 39 Gemeinden in vier Kreisen Oberfrankens durchgeführt. Ziel dieser Untersuchungen im Granitgebiet des Fichtelgebirges ist das Erarbeiten von Kriterien für eine Definition von „radon-prone areas“ im Sinne der Empfehlung der Internationalen Strahlenschutzkommission.

## Fachbereich Strahlenschutz

### Bericht des Instituts

Die im Rahmen des Projektes „Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten – Altlastenkataster“ gewonnenen Erkenntnisse über die Beeinflussung der Radonkonzentration in Häusern durch Bergbau und seine Hinterlassenschaften bilden die Grundlage zur Identifikation von relevanten Bergbaugebieten Deutschlands, die ebenso wie die aus geologischer Sicht bedeutenden Regionen durch Messungen der Radonkonzentration in Häusern zu validieren sind.

Im Zeitraum 1990 bis 1995 im Rahmen des Projektes „Modellhafte Sanierung radonbelasteter Wohnungen“ in Schneeberg durchgeführte Untersuchungen weisen auf die Möglichkeit einer großflächigen Senkung der Radonkonzentration in Häusern durch gezielte Beeinflussung der Wetter im Untertagebereich hin. Aus diesem Grunde wurde noch 1995 von der Stadt Schneeberg ein aus Mitteln des Freistaates Sachsen gefördertes Projekt „Gezielte natürliche Bewetterung“ initiiert. Dort werden durch bergmännische Arbeiten in den große Teile des Stadtgebietes tangierenden, teilweise verbrochenen Grubenbauen geeignete Wetterwege geschaffen, um auf diesem Wege das Radon von unter Tage in die freie Atmosphäre abzuleiten und damit die Ursache für zum Teil sehr hohe Konzentrationen des Radons in Häusern zu beseitigen. Das BfS führt im Rahmen dieses Projektes Untersuchungen der Radonkonzentration im Untertagebereich, in der Bodenluft und in Häusern durch. Es konnten sehr deutliche Reduzierungen der Radonkonzentration in einigen Häusern nachgewiesen werden.

Das Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz führte eine Studie zu Leukämie- und Tumorerkrankungen bei Kindern durch. Auf Grund aktueller Diskussionen in der Öffentlichkeit wurde neben der Exposition durch elektromagnetische Felder auch der vermutete Risikofaktor Radon in die Untersuchung einbezogen. Die Messungen der Radonkonzentration erfolgten durch das BfS im Zeitraum von Januar 1993 bis September 1996. Es kamen Ergebnisse aus 553 Haushalten von 256 Gemeinden zur Auswertung. Sämtliche Radonkonzentrationen, die in zu Wohnzwecken genutzten

Räumen gemessen wurden, lagen im Normalbereich. Der Maximalwert betrug  $225 \text{ Bq/m}^3$ . Begleitend erfolgte die Messung der Gammaortsdosisleistung (ODL) vorwiegend in Kinderzimmern. Der Mittelwert des terrestrischen Anteils der ODL aus 383 Messungen beträgt  $74 \text{ nSv/h}$ . Es wurde ein Maximalwert von  $227 \text{ nSv/h}$  ermittelt.

#### **Berufliche Strahlenexposition durch Radonzerfallsprodukte**

Die infolge der Fortgeltung der VOAS in den neuen Bundesländern erfaßten Daten über die individuelle berufliche Strahlenexposition der durch Radonzerfallsprodukte exponierten Personen wurden gesammelt und für die Aufnahme in Berichte des BMU und in das zentrale Strahlenschutzregister aufbereitet. Die Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden der Länder Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt wurden bei der Klärung von fachlichen Fragen im Zusammenhang mit der Strahlenschutzüberwachung und mit Genehmigungsverfahren (z. B. Anforderungen an Meßsysteme und Meßverfahren zur Ermittlung der Strahlenexposition exponierter Personen durch Radonzerfallsprodukte) unterstützt.

Zur Qualitätssicherung bei der Erfassung der Daten sowie im Zusammenhang mit der Auswahl der Meßtechnik und der Vorgabe der Meß- und Auswertemethoden wurden für Meßgeräte zur Bestimmung der Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten Kalibrierungen und Wiederholungskalibrierungen durchgeführt.

Im Rahmen der Arbeitsgruppe „Radon/Radonzerfallsprodukt-Überwachung an Arbeitsplätzen“ des Fachausschusses Strahlenschutz des Länderausschusses für Atomkernenergie erfolgten fachliche Vorarbeiten für Regelungen zur Überwachung der Radonexposition an Arbeitsplätzen.

Die Arbeiten zur retrospektiven Abschätzung der Strahlenexposition von Beschäftigten in der Uranindustrie der ehemaligen DDR wurden fortgesetzt. Bei der WISMUT GmbH sind für den Zeitraum von 1973 bis 1989 insgesamt für etwa 20.000 bis 25.000 Uranbergarbeiter Daten für die in-

dividuelle jährliche Exposition durch Radon, Radonzerfallsprodukte, Staub, Lärm und andere für Berufserkrankungen relevante Größen vorhanden.

Im Rahmen des „Pilotprojektes Aue“ wurden die von der Wismut GmbH übernommenen Daten von ca. 11.000 Uranbergarbeitern aus dem Bergbaubetrieb Aue digitalisiert und für die detaillierte Auswertung in einer Access-Datenbank aufbereitet. Unter Zugrundelegung von Klassifizierungen hinsichtlich der Tätigkeiten und der Arbeitsbereiche der Uranbergarbeiter wurden die Daten für die Strahlenexposition ausgewertet.

#### **Meßmethoden für Radon und Radonzerfallsprodukte und deren Qualitätsüberwachung**

Im Rahmen der Tätigkeit der Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten in den neuen Bundesländern wurden die Aufgaben „Meßverfahren und Meßmethoden für Radon und Radonzerfallsprodukte in Luft“ sowie „Qualitätssicherung und Qualitätsüberwachung für den Nachweis von Radon und Radonzerfallsprodukten“ bearbeitet.

Es wurden Untersuchungen durchgeführt, um die Eignung von Verfahren, Methoden und Geräten/Ausrüstungen zur Messung von Radon und Radonzerfallsprodukten für die unterschiedlichen Anwendungsfälle und die dabei zu beachtenden Randbedingungen zu prüfen. Eigene Meßgeräte wurden weiterentwickelt und Forschungsvorhaben initiiert und fachlich begleitet. Als Ergebnis dieser Untersuchungen liegen umfangreiche Erfahrungen über die Leistungsfähigkeit von Meßmethoden und Meßgeräten vor. Für die teilchengrößenabhängige Messung der durch Inhalation von kurzlebigen Radonzerfallsprodukten verursachten Strahlenexposition wurden die meßtechnischen Voraussetzungen geschaffen. Diese Untersuchungen sind von besonderer Bedeutung für die Bewertung von Meßverfahren hinsichtlich ihrer Eignung für die Überwachung von Arbeitsplätzen.

Die Arbeiten wurden auf Meßmethoden und Meßgeräte konzentriert, die gegen-

## Fachbereich Strahlenschutz

### Bericht des Instituts

wärtig und in absehbarer Zeit für die Lösung von Überwachungsaufgaben in der Praxis sehr wichtig sind. Hierzu gehören passive und aktive mit Kernspurdetektoren ausgerüstete Radon- und Radonzerfallsprodukt-Meßsysteme sowie automatisch arbeitende Geräte zur kontinuierlichen oder quasikontinuierlichen Messung der potentiellen Alphaenergiekonzentration der kurzlebigen Radonzerfallsprodukte und der Aktivitätskonzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten, des Gleichgewichtsfaktors und des freien Anteils der potentiellen Alphaenergiekonzentration der kurzlebigen Radonzerfallsprodukte. Außerdem erfolgten Vergleichsmessungen mit anderen Institutionen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz war maßgeblich an der Ausarbeitung und Koordinierung von Vorschriften und Anleitungen für die Messung von Radon und Radonzerfallsprodukten und die Bewertung der Meßergebnisse beteiligt. Derartige Vorschriften und Anleitungen werden zur Zeit von der Arbeitsgruppe „Radon/Radonzerfallsprodukt-Überwachung an Arbeitsplätzen“ des FA Strahlenschutz des Länderausschusses für Atomkernenergie, der Arbeitsgruppe „Radonmeßtechnik“ des Ausschusses „Strahlenschutztechnik“ der Strahlenschutzkommission, dem Arbeitskreis „AKURA“ des Fachverbandes für Strahlenschutz, dem Unterausschuß „Radon“ der Projektgruppe „Schadstoffe“ der Arbeitsgemeinschaft (ARGE-BAU) der für das Bauwesen zuständigen Länderminister sowie im Rahmen der Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulicher Tätigkeit (REI-Bergbau) erarbeitet.

Zur Qualitätssicherung und Qualitätsüberwachung erfolgten die Begutachtung, Erfassung und Bewertung der für die Strahlenschutzüberwachung von Arbeitsplätzen und der für die Bestimmung der Strahlenexposition und für Strahlenschutzmessungen in Gebäuden und im Freien eingesetzten Verfahren sowie die Beteiligung an nationalen und internationalen Ringversuchen und Vergleichsmessungen. Die für die Gewährleistung einheitlicher Meßbedingungen und vergleichbarer Meßergebnisse erforderlichen Referenzmeßsysteme und Kalibriernormale wurden

vorgehalten. Es handelt sich hierbei um Kalibrierkammern (8 und 36 m<sup>3</sup>), Testbehälter (0,4 m<sup>3</sup>), Geräte zur Messung der relevanten Parameter von Radon und Radonzerfallsprodukten, verschiedene Generatoren zur Herstellung von Testaerosolen sowie um leistungsfähige Geräte zur Messung der Teilchengrößenverteilung und der Aktivitäts-Größenverteilung von Aerosolen. Die im Laboratorium für Radon und Radonzerfallsprodukte des Fachbereichs für Strahlenschutz bereits vorhandenen wissenschaftlich-technischen Einrichtungen wurden weiterentwickelt. Mit ihnen sind wissenschaftliche Untersuchungen zum physikalischen Verhalten von Radon und Radonzerfallsprodukten und auf Grund der Möglichkeit zur Variation wichtiger Parameter, wie z. B. Anströmgeschwindigkeit, Temperatur, Luftfeuchte sowie Aerosolkonzentration und Teilchengrößenverteilung, auch Untersuchungen zum Einfluß dieser Parameter auf das Meßergebnis und die Stabilität der Gerätefunktion durchführbar.

#### **Emissionsüberwachung bei kerntechnischen Anlagen**

Im Berichtsjahr wurde mit den in der novellierten „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI)“ geforderten Kontrollmessungen zur Bestimmung von C-14 in der Fortluft begonnen. Als qualitätssichernde Maßnahme wurde erstmalig ein Ringvergleich zur Bestimmung von C-14 in der Fortluft durchgeführt.

Als weitere Maßnahme zur Qualitätssicherung beim Nachweis radioaktiver Nuklide werden einmal jährlich die Ringvergleiche Abluft und Abwasser durchgeführt. Fachgespräche mit den Betreibern der kerntechnischen Anlagen, Sachverständigen, Ländervertretern und Vertretern von Gutachterorganisationen sowie Weiterbildungsveranstaltungen zu Fragen der Probenentnahme, Aktivitätsmessung und Auswertung von Meßergebnissen runden diese Maßnahme ab. Diese bundeseinheitlichen Kontrollmaßnahmen haben zu einem technisch hohen Stand der Emissionsüberwachung bei kerntechnischen Anlagen geführt und gewährleisten langfristig die Qualität der Emissionsmessungen der

Betreiber als eine Grundlage für die Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung.

Im Berichtsjahr wurden fachliche Stellungnahmen zu ausgewählten Problemen der Emissionsüberwachung radioaktiver Stoffe bei kerntechnischen Anlagen ausgearbeitet und in verschiedenen Beratungsgremien des BMU abgestimmt. Für die Arbeiten in der Oslo- und Paris-Kommission wurde der „Annual Report on Liquid Discharges from Nuclear Installations 1996“ erarbeitet. Dieser Bericht enthält die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser in die Nordsee für das Jahr 1996. Schließlich wurden für den Parlamentsbericht 1996 die Daten der Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser aus kerntechnischen Anlagen zusammengestellt.

Seit 1978 werden im Auftrag der Länder bei Kernkraftwerken und anderen kerntechnischen Anlagen im Rahmen einer bundeseinheitlichen Richtlinie Kontrollmessungen für die Qualitätsüberwachung der Emissionsmessungen für die Bereiche Abluft und Abwasser durchgeführt. Neben den Kontrollmessungen an Aerosol- und Iodfilterproben zur Aktivitätsbestimmung gammastrahlender und alphastrahlender Radionuklide sowie der reinen Betastrahler Sr-89/Sr-90 in der Abluft werden an Absorptions-, Kondensat- oder Molekularsiebproben Kontrollmessungen zur Bestimmung der Tritiumaktivität durchgeführt. In den Anlagen werden Vor-Ort-Kontrollmessungen der Emission radioaktiver Edelgase sowie die Kalibrierung integraler und nuklidspezifischer Kaminmeßstellen durchgeführt. In Abwasserproben werden die Aktivitätswerte gammastrahlender und alphastrahlender Radionuklide sowie von Tritium und Sr-89/Sr-90 bestimmt. Über die Ergebnisse der Kontrollmessungen wird an die zuständigen Aufsichtsbehörden und die Betreiber der kerntechnischen Anlagen regelmäßig berichtet.

#### **Gammaskopmetrische Messungen aus der Luft**

Vom 13. bis 15. Mai 1997 fand auf dem Gelände der Fliegerstaffel Süd des Bundesgrenzschutzes in Oberschleißheim die

## Fachbereich Strahlenschutz

### Bericht des Instituts

Frühjahrsübung „Gammaskpektrometrische Messungen aus der Luft“ statt. Daran haben Mitarbeiter des Bundesgrenzschutzes und des Bundesamtes für Strahlenschutz teilgenommen.

Der Zweck dieser Übung war es, den logistischen Ablauf eines konkreten Meßeinsatzes vom Einbau des Meßsystems, über den Meßflug bis zur Auswertung der Meßdaten vor Ort von fünf Meßteams mit den vorhandenen fünf Meßsystemen des Bundesamtes für Strahlenschutz zu erproben. Den Meßteams wurde eine Aufgabe gestellt, die den beiden grundsätzlichen Möglichkeiten der Meßmethode entspricht:

- Bestimmung der radioaktiven Kontamination des Bodens mit den Radionukliden Cs-137 und K-40 entlang einer vorgegebenen Flugstrecke und Identifikation von Flächen mit erhöhten Aktivitäten,
- Auffinden von radioaktiven Quellen auf dem Gelände des Bundesgrenzschutzes, d. h. Identifikation der radioaktiven Quellen und Bestimmung der Position.

Die gute Zusammenarbeit zwischen den Mitarbeitern des Bundesgrenzschutzes und des Bundesamtes für Strahlenschutz führte zu einem reibungslosen Ablauf der Übung.

Vom 27. bis 30. Oktober 1997 fand eine weitere gemeinsame Übung „Strahlungsmessungen aus der Luft“ des Bundesamtes für Strahlenschutz und des Bundesgrenzschutzes in der Nähe von Gera statt. Um das Zusammenwirken mehrerer Hubschrauber bei realistischer Aufgabenstellung zu üben, wurden vier Hubschrauber mit vier Meßsystemen des Bundesamtes für Strahlenschutz und wechselnden Besatzungen eingesetzt. Aufgabe war das Aufspüren von Strahlenquellen nach einem angenommenen „Absturz eines Satelliten mit Kernreaktor“. Als mögliche Absturzfläche wurde ein Gebiet von ca. 1200 km<sup>2</sup> festgelegt. Pro einsatzbereitem System konnten in ca. drei Flugstunden 50 km<sup>2</sup> in parallelen Bahnen mit 300 m Abstand beflogen werden. Die Auswertung der Messungen lag jeweils wenige Stunden nach Beenden eines Meßfluges vor. Vier Hubschrauber suchten in der Einsatz-

zeit von eineinhalb Tagen eine Fläche von ca. 500 km<sup>2</sup> ab.

Der erfolgreiche Abschluß dieser Übung demonstriert realistisch die Leistungsfähigkeit dieser Meßmethode.

#### **Bestimmung natürlicher Radioaktivität in Proben und deren Qualitätsüberwachung**

In Wahrnehmung der Leitstellenfunktion für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten in den neuen Bundesländern (VOAS) wurden drei Fachgespräche über meßtechnische Fragen bei der Bestimmung natürlicher Radionuklide zur Erfüllung der Forderungen der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI Bergbau) mit Vertretern der zuständigen Landesbehörden von Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt und der Wismut GmbH durchgeführt. Den Landesbehörden wurden vorläufige Meßanleitungen zur Bestimmung von Uran, Ra-226, Ra-228 und Pb-210 für alle in der REI Bergbau geforderte Medien zur Verfügung gestellt. Meßanleitungen zur Bestimmung der mittleren Rn-222-Konzentration, zur Bestimmung von kurzlebigen Zerfallsprodukten des Rn-222 und zur Bestimmung langlebiger Alphastrahler wurden als Entwurf vorgestellt, Fragen der Probenentnahme und Probenaufbereitung erörtert.

Einen weiteren Schwerpunkt bildeten die parallelen Aktivitätsbestimmungen in Proben aus Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt zur Qualitätsüberwachung bei den Untersuchungen zum Altlastenkataster, wobei im Berichtszeitraum 10 Abschlußberichte für einzelne Meßprogramme erstellt wurden. Ein Ringvergleich zur Bestimmung von natürlichen Radionukliden in einem Modellwasser und einem Realwasser wurde durchgeführt. Die Auswertung wird im I. Quartal 1998 abgeschlossen.

Als fachübergreifende Unterstützung der Abteilung ST 1 für das Projekt Altlastenkataster wurden Aktivitätsbestimmungen von natürlichen Radionukliden in Boden-, Haldenmaterial-, Sediment- und Pflanzenproben sowie in Proben von Reststoffen

der Erz- und Uranerzaufbereitung durchgeführt.

Darüber hinaus erfolgten Messungen mit Feldspektrometern zur Bestimmung der spezifischen Aktivität natürlicher Radionuklide im Boden sowie Messungen von Aktivkohledetektoren zur orientierenden Bewertung der Radonkonzentration in Häusern. Ferner wurden Aktivitätsbestimmungen in Ausscheidungsproben zur Beurteilung von Inkorporationsrisiken sowie ein Ringversuch durchgeführt.

#### **Flächendeckende Untersuchungen zum Radongehalt des Trinkwassers in der Bundesrepublik Deutschland**

Das langjährige Screening-Meßprogramm zur flächendeckenden Untersuchung der Trinkwässer auf ihren Gehalt an Rn-222 in der Bundesrepublik Deutschland wurde auch im Jahre 1997 fortgesetzt.

Die Häufigkeitsverteilung der Meßwerte von den inzwischen mehr als 1800 erfaßten Probenentnahmestellen entspricht näherungsweise einer logarithmischen Normalverteilung. Danach liegt der Medianwert der Rn-222-Konzentration des Trinkwassers in der Bundesrepublik Deutschland bei 5,9 Bq/l, etwa 10 % der Meßwerte liegen oberhalb von 50 Bq/l und die bisher gemessene maximale Konzentration beträgt 1500 Bq/l.

Ausführlich wurde über die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen anlässlich des 10. Statusgesprächs „Forschung zum Problemkreis Radon“ berichtet, das vom BMU im Oktober 1997 in Berlin durchgeführt wurde.

#### **Natürliche Gammastrahlungsexposition in Deutschland**

Die Ergebnisse der flächendeckenden Grundpegelmessungen des BfS in den ostdeutschen Bundesländern während der Jahre 1994 bis 1996 wurden mit denjenigen in den westdeutschen Bundesländern während der Jahre 1972 bis 1974 zu einer gesamtdeutschen Darstellung vereinigt. Ein Vergleich der Kreismittelwerte

# Fachbereich Strahlenschutz

## Bericht des Instituts

beiderseits der früheren innerdeutschen Grenze ergab auf westdeutscher Seite im Mittel nur um 8 nSv/h höhere Werte, die als Folge der geologischen Bodenregionen interpretiert werden konnten. Größere Unterschiede zwischen den Ergebnissen früherer und neuer Messungen wurden in West-Berlin festgestellt. Deshalb erfolgten Nachmessungen in acht westdeutschen Landkreisen. Dabei wurden Unterschiede zwischen den seinerzeit und nunmehr ermittelten Kreis-Mittelwerten der terrestrischen Ortsdosisleistung bis zu 50 % in beiden Richtungen erhalten. In zwei Kreisen, wo seinerzeit die PTB gemessen hatte, wurden dagegen im Mittel übereinstimmende Ergebnisse erzielt. Die Differenzen sind vermutlich in erster Linie darauf zurückzuführen, daß bei dem früheren westdeutschen Projekt die Messungen im Freien überwiegend im unmittelbaren Wohnumfeld und nicht ausreichend flächendeckend erfolgten, während in den östlichen Bundesländern in einem gleichmäßigen Raster über natürlichen Untergründen außerhalb von Ortschaften gemessen wurde. Die gesamtdeutsche Kartendarstellung ist folglich nur als grobe Veranschaulichung der großräumigen Verteilung der Ortsdosisleistung der terrestrischen Gammastrahlung zu verstehen.

### **Inkorporationsmessungen**

#### *Verfahren der Inkorporationsüberwachung*

Die Kalibrierungsarbeiten am Organ- und Teilkörpermeßsystem wurden mit dem Am-241-Phantom des U.S. Transurium Registry fortgesetzt. Damit steht für Notfallmessungen und Fallanalysen ein leistungsfähiges Meßverfahren zur Verfügung. Das NaI(Tl)-Ganzkörpermeßsystem wurde mit einem neuen Vielkanalanalysatorsystem einschließlich spezieller NaI- und Ge-Software ausgerüstet.

#### *Qualitätssicherung*

Im Rahmen der Wahrnehmung von Aufgaben für die Leitstelle für Inkorporationsüberwachung wurden Teilbereiche der ex-

ternen und internen Qualitätssicherung bearbeitet. Intern erfolgte die Teilnahme am nationalen Ringvergleich mit dem homogenen Petersburger Ganzkörperphantom IGOR und ein Laborvergleich an einem Probanden mit hoher Am-241-Inkorporation. Die Ergebnisse der Vergleichsmessungen zeigten gute Übereinstimmung mit den Sollwerten der Phantomaktivität der zu messenden Radionuklide (Co-57, Co-60, Cs-137, K-40). Damit erfüllt die Inkorporationsmeßstelle sehr gut die Kriterien an die Richtigkeit von Meßverfahren gemäß Richtlinie „Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen“. Weitgehende Übereinstimmung gab es auch mit den Am-241-Messungen der anderen am Laborvergleich beteiligten Meßstellen. Gleichzeitig offenbarte der Laborvergleich aber erhebliche Differenzen im Meßergebnis bei Verwendung von Kalibrierdaten, die an Phantomen mit nicht ausreichend bekannten Phantomeigenschaften gewonnen wurden. Ein Schwerpunkt vorbereitender Arbeiten der Ringversuche sollte daher die Prüfung der Eignung und Zuverlässigkeit der Phantome sein.

In der Energiewerke Nord GmbH (Greifswald und Rheinsberg) erfolgten durch das Fachgebiet die jährlichen Kalibrierüberprüfungen mit Masonite-Phantomen für die dortigen betrieblichen Inkorporationsmeßeinrichtungen (Thorax- und Schilddrüsenmonitore).

An der fachlichen Stellungnahme der Leitstelle Inkorporationsüberwachung zur konzeptionellen Gestaltung der betrieblichen Inkorporationsüberwachung in Kernkraftwerken war das Fachgebiet maßgeblich beteiligt.

#### *Messungen an speziellen Personengruppen*

Im Rahmen eines EU-Projektes wurden Pb-210-Schädelmessungen an Personen aus der Bevölkerung, die langjährig in Wohnhäusern mit erhöhter Radonkonzentration ( $> 1000 \text{ Bq/m}^3$ ) leben, mit z. Zt. positiven Befunden durchgeführt. Daneben wurden Personen aus Gebieten mit erhöhtem Radonvorkommen zwecks statisti-

scher Abklärung der Normalgehalte für diese Region gemessen.

Auf der Basis von Vereinbarungen mit den neuen Bundesländern wurden wie im Vorjahr Inkorporationsmessungen nach § 63 (6) StrlSchV insbesondere für Beschäftigte aus den Bereichen Kernkraftwerke, Endlagerung radioaktiver Abfälle und Forschung durchgeführt. Die in ca. 40 % der Messungen nachgewiesenen geringfügigen Inkorporationen (Co-60, I-125, Cs-137) haben keine dosimetrische Relevanz. Das Cs-137 ist sehr wahrscheinlich nicht beruflich verursacht, sondern mit der Nahrungszufuhr in den Körper gelangt. In Einzelfällen konnten Körpergehalte der Radionuklide Eu-152/Eu-154 ermittelt werden, die auf Inkorporationen in den 80er Jahren zurückzuführen sind. Auf Grund des retrospektiv besser beurteilbaren Zeitverlaufs der Körperaktivität wurde für diese Fälle eine dosimetrische Neubewertung vorgenommen.

Im Auftrag der Siemens AG erfolgten Ganzkörperzählermessungen an Kraftwerkspersonal sowie an Personen mit Aufenthalt in der GUS. Zielstellung dieser Messungen war die Ermittlung relevanter Radionuklidvektoren und die Abschätzung aufenthaltsbedingter Expositionen.

### **Neutronendosimetrie an Arbeitsplätzen**

Die 1995 begonnenen Untersuchungen in Strahlungsfeldern an Transport- und Lagerbehältern für abgebrannten Kernbrennstoff wurden fortgesetzt. Einen Schwerpunkt bildeten dabei erneut Messungen der Neutronenkomponente mit einem spektrometrischen Verfahren. Es erfolgten Messungen an Brennelementbehältern der Typen CASTOR V/19 und CASTOR 440/84 sowie an einem CASTOR HAW 20/28 für Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung. Eines der Ziele war es, zu ermitteln, ob unterschiedliche Behältertypen und Inventare zu Konsequenzen für die praktische Strahlenschutzüberwachung führen. Im Ergebnis der Meßreihen konnten insbesondere die Folgen der Empfehlung 60 der ICRP für die Exposition an CASTOR-Behältern auf eine breitere experimentale Basis gestellt werden. Weiterhin wurden Empfehlungen zur Reduzie-

## Fachbereich Strahlenschutz

### Bericht des Instituts

---

rung systematischer Meßunsicherheiten bei Routinemessungen mit kommerziellen Neutronenmonitoren abgeleitet und Vorschläge zur Abschätzung der Strahlenexposition von Transportbegleitpersonal erarbeitet.

#### **Strahlenschutz am Arbeitsplatz**

Wie bereits in den Vorjahren lag der Aufgabenschwerpunkt in der Wahrnehmung der Zweckmäßigkeitsaufsicht im Strahlenschutz zur Unterstützung des BMU. Dabei wurden die bereits existierenden Datenbanken „Strahlenschutzkurse über die Fachkunde im medizinischen und im nichtmedizinischen Bereich“ sowie die Datenbanken über Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen und Bestrahlungs-

einrichtungen im medizinischen Bereich, in der Forschung und Technik sowie zum Vollzug der StrlSchV und des § 9 AtG weitergeführt und durch die von den zuständigen Behörden der Länder übergebenen neuen Daten ergänzt.

Mit den vorliegenden Datenbanken ist es nunmehr möglich, im Bedarfsfall (z. B. besonderes Vorkommnis) innerhalb kurzer Zeit alle Betreiber des betreffenden Gerätetyps zu ermitteln, die zuständigen Aufsichtsbehörden zu informieren und gegebenenfalls die erforderlichen Maßnahmen einzuleiten.

Neu aufgebaut wurde 1996 die Datenbank bauartzugelassene Vorrichtungen, die radioaktive Stoffe enthalten. Diese Datenbank enthält Informationen über gültige Bauartzulassungen der alten Bundesländer, ergänzt durch die Zulassungen, die

seit 1991 in allen Bundesländern veröffentlicht wurden.

Jährlich neu wird die Datenbank über besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen, Betrieb von Beschleunigern und bei der Beförderung radioaktiver Stoffe erstellt. 1996 traten insgesamt 74 besondere Vorkommnisse auf, wovon 19 dem nichtmedizinischen Bereich, 14 dem medizinischen Bereich zuzuordnen sind und 41 Vorkommnisse unter Sonstige registriert wurden.

Durch die besonderen Vorkommnisse war zu keinem Zeitpunkt eine Gefährdung für die Bevölkerung gegeben. In einigen Fällen erhielten beruflich strahlenexponierte Personen und andere Personen Strahlenexpositionen, die jedoch unbedeutend waren.

Vakatseite



# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### RAMSES – Eine relationale Datenbank für die Auswertung von passiven Radon-Meßsystemen

T. Beck

Für Untersuchungen der Strahlenexposition durch Radon und seine kurzlebigen Zerfallsprodukte werden vom BfS zahlreiche Meßprogramme durchgeführt. Ziele dieser Programme sind u. a. die

- Ermittlung der natürlichen und bergbaubedingten Radonkonzentrationen in der bodennahen Atmosphäre in den Bergbaugebieten der Bundesländer

Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt,

- Bewertung des Einflusses untertägiger bergbaulicher Hinterlassenschaften auf die Radonkonzentration in Gebäuden,
- Identifikation von Gebieten mit erhöhten Radonkonzentrationen in Gebäuden.

Für diese Meßaufgaben werden vom BfS Diffusionskammern mit Festkörperspurdetektoren eingesetzt. Das Meßprinzip basiert auf einer passiven Methode, bei der das radioaktive Radon-222-Isotop in eine Diffusionskammer eindringt. Die beim Zerfall des Radons und seiner kurzlebigen Zerfallsprodukte emittierten Alphateilchen werden mit einem Festkörperspurdetektor

nachgewiesen. Es existieren zuverlässige Auswertemethoden, die es erlauben, sowohl sehr geringe als auch extrem hohe Radonkonzentrationen sicher zu bestimmen.

Da sich die Auswertetechnik im langjährigen Einsatz als sicher und zuverlässig erwiesen hat, wird die technische Basis auf der Grundlage eigener Entwicklungen sukzessive erneuert und ausgebaut. Damit wird eine verbesserte Kontrolle des Ätzprozesses und die Erweiterung der Kapazität auf ca. 80 Detektoren pro Tag möglich.

Seit dem Ende des vergangenen Jahres existiert ein neues und verbessertes Bildverarbeitungssystem, das eine Vielzahl von Operationen und Parametern für die Bildanalyse zur Verfügung stellt. Die Ope-

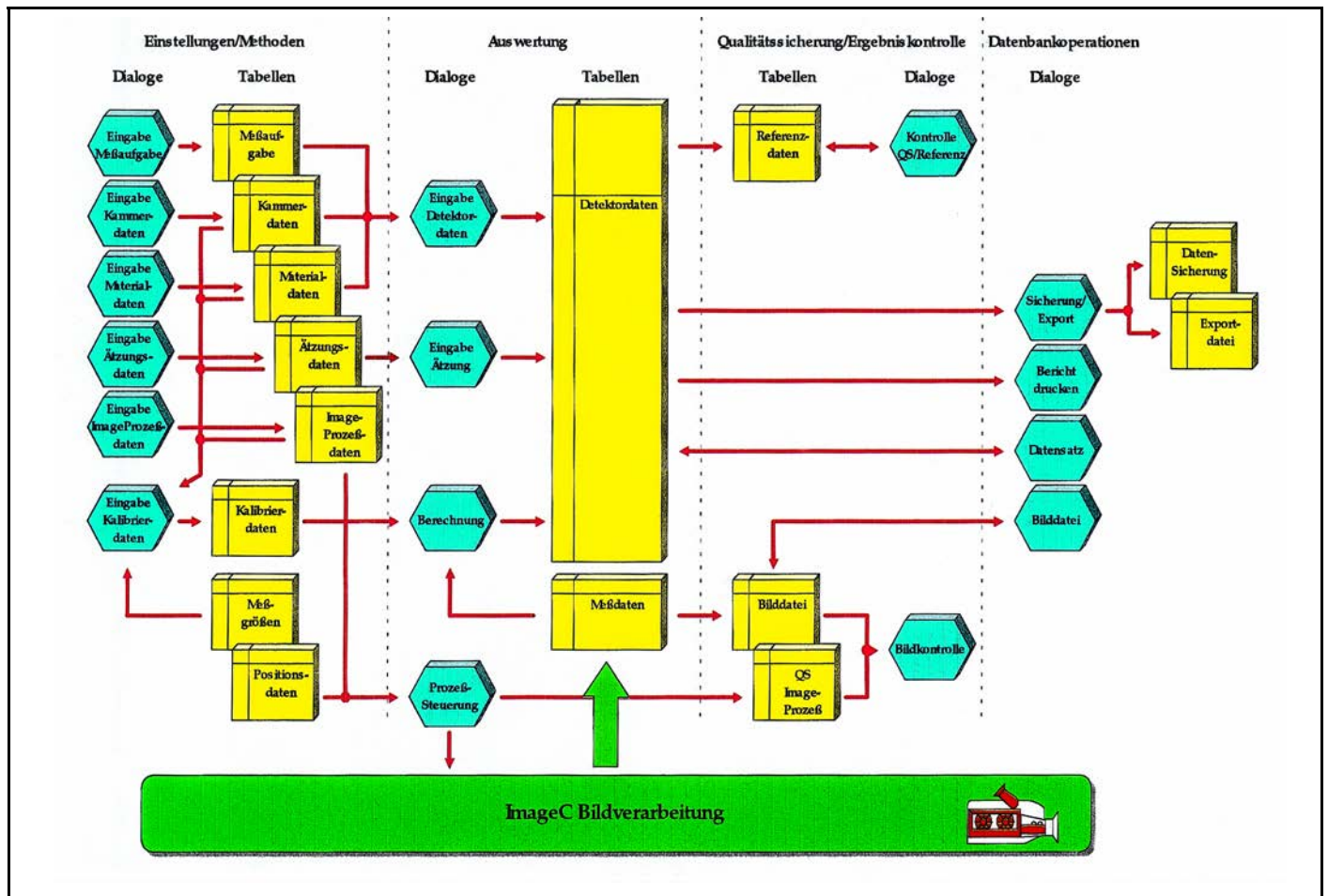


Abbildung ST-1  
Überblick über die relationelle Datenbank RAMSES für die Auswertung von passiven Radon-Meßsystemen

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Kurzberichte

rationen und Parameter sind über eine Programmierschnittstelle ansprechbar und erlauben somit eine prozeßgesteuerte automatische Auswertung der Festkörperspurdetektoren.

Um sowohl die umfangreichen Methoden und Techniken als auch die Einführung eines komplexen Qualitätssicherungssystems und die Nutzung der vielfältigen Möglichkeiten eines modernen Bildverarbeitungssystems in ein geschlossenes Auswertekonzept zu integrieren, wurde ein relationales Datenbanksystem entwickelt. Bei einer relationalen Datenbank liegt eine Trennung von Daten, Zugriffslogik und Abspeicherungsmechanismus vor, so daß eine flexible und leistungsfähige Datenorganisation erreicht wird.

Das entwickelte Programmpaket für die Auswertung von passiven Radon-Meßsystemen *RAMSES* nutzt die Vorteile einer relationalen Datenbank unter Einbindung des Bildverarbeitungssystem *ImageC*® und dient zur automatischen Auswertung der Detektoren, Berechnung der Radonkonzentration und Verwaltung einer großen Anzahl von Meßergebnissen. Die Datenbank ist eine *ACCESS*-Anwendung und erlaubt die Steuerung des Bildverarbeitungssystems über eine *OLE*-Verbindung. Die objektorientierte Programmierung gestattet den Zugriff auf zahlreiche Bildoperationen und -manipulationen sowie auf die Werkzeuge der Objektidentifizierung und -auswertung.

Alle Auswerteparameter und -routinen für die unterschiedlichen Bildauswertetechniken werden in der Datenbank verwaltet. Mittels einer komfortablen Bedienoberfläche werden sie ausgewählt und für die au-

tomatische Bildverarbeitung dem Auswertesystem zu Verfügung gestellt.

Eine Übersicht über den Aufbau von *RAMSES* wird in **Abbildung ST-1** gegeben. Die Datenbankebene Einstellungen/Methoden beinhaltet alle verfügbaren Diffusionskammern (Tabelle: Kammerdaten), Materialdaten (Tabelle: Materialdaten), Ätzmethoden (Tabelle: Ätzdaten) und Bildverarbeitungsmethoden (Tabelle: Image-Prozeßdaten). Die verschiedenen Methoden der Bildauswertung und ihre mögliche Kombination mit unterschiedlichen Materialien und Ätzmethoden als auch die Messung mit unterschiedlichen Diffusionskammern erfordert die Verwaltung einer Vielzahl von Kalibrierdaten (Tabelle: Kalibrierdaten). Die Tabelle Meßaufgabe verwaltet die Namen und eine kurze Beschreibung der unterschiedlichen Anwendungen, Einsatzgebiete und/oder Einsatzzwecke der Meßsysteme, um die Datensätze mit einer gemeinsamen bzw. analogen Meßaufgabe zu kennzeichnen und die Datenbank effektiver zu strukturieren. Die Datenbankebene Auswertung ist der zentrale Teil von *RAMSES*. Hier findet einerseits die Verwaltung der Detektor- und Meßdaten aber auch die Kommunikation mit dem Bildverarbeitungssystem statt. Leistungsfähige Dialoge gestatten die Eingabe und Kontrolle der Daten. Darüber hinaus gestatten spezielle Dialoge den Start der Steuerungsalgorithmen für die automatische Bildauswertung (Dialog: Prozeßsteuerung) und die Berechnung der Radon-Exposition (Dialog: Berechnung). In der Datenbankebene Qualitätssicherung/Ergebniskontrolle werden spezielle Tabellen und Dialoge für die Qualitätssicherung verwaltet. So ist es möglich, Detektoren bei der Eingabe als

Referenzdetektoren zu kennzeichnen, um spezielle Parameter der Qualitätssicherung zu dokumentieren (z. B. die durch Ätzung abgetragene Oberflächendicke, Expositionen bei Kalibrierungen). Der Dialog Bildkontrolle erlaubt die Überprüfung wichtiger Meßparameter eines jeden aufgenommenen Bildes des Detektors als auch die Summation der Meßparameter aller Bilder des Detektors. Auch abgespeicherte Bilder des Detektors sind erneut darstellbar, so daß eine komplexe Beurteilung der Meßwerte der Bildverarbeitung erfolgen kann. In der Datenbankebene Datenbankorganisation befinden sich wichtige Werkzeuge zur Organisation der Datenbank als auch zur Sicherung und Darstellung der Ergebnisse.

Durch die verbesserte Auswertetechnik ist es möglich, komplexe Methoden der Qualitätssicherung für die Ergebniskontrolle einzusetzen. So werden kritische Parameter des Ätzprozesses (z. B. abgetragene Schichtdicke, Ätztemperatur, Daten des Ätzprozesses) und der Bildauswertung (z. B. mittlerer Bildgrauwert, Spurgröße, Überlappungsrate) erfaßt bzw. überprüft. Die Meßwerte werden ständig kontrolliert, um die Stabilität des Auswerteprozesses zu garantieren.

*RAMSES* beinhaltet nicht nur ein umfassendes Qualitätssicherungssystem für die vorhandene Auswertemethodik, sondern gestattet auch die Einbindung veränderter bzw. erweiterter Meßmethoden. Damit bietet das Programmpaket sehr gute Voraussetzungen für die zuverlässige Überwachung der Radon-Exposition und die weitere Entwicklung der passiven Radon-Meßtechnik im BfS.

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Kurzberichte

#### **Tätigkeits- und arbeitsbereichsbezogene Auswertung von individuellen Expositionsdaten von Bergarbeitern des ehemaligen Bergbaubetriebes Aue der SDAG WISMUT**

U. Sardisong, W. Ullmann

Die Kenntnis möglichst genauer Expositionsdaten für Uranbergarbeiter der SDAG WISMUT ist sowohl für entsprechende epidemiologische Untersuchungen als auch für seitens der Bergbau-Berufsgenossenschaft durchgeführte Verfahren zur Anerkennung von Berufskrankheiten von großer Bedeutung. Vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) werden diese Daten im Zusammenhang mit der Bearbeitung der großen epidemiologischen Studie über deutsche Uranbergarbeiter benötigt. Die Aussagekraft dieser für den Zeitraum von 1946 bis 1990 durchgeführten Studie hängt entscheidend von der Genauigkeit der Expositionsdaten ab. Die Studie umfaßt die Zeiträume von 1946 bis 1954 (Kohorte A), von 1955 bis 1970 (Kohorte B) und von 1971 bis 1990 (Kohorte C). Für diese Zeiträume werden seitens des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) insbesondere im Rahmen der Anerkennung von Berufskrankheiten die Strahlenexpositionen nach einer vereinfachten Methode abgeschätzt.

1971 wurde seitens der SDAG WISMUT mit der Erfassung der individuellen Strahlenexposition begonnen. Die für den Zeitraum von 1972 bis 1990 in den Sanierungsbetrieben der SDAG WISMUT noch vorhandenen Daten für die individuelle jährliche Exposition durch Radon-222 bzw. durch kurzlebige Radon-222-Zerfallsprodukte sowie die Daten über die Einwirkung von Staub, Lärm und andere für Berufserkrankungen relevante Noxen wurden bisher nicht detailliert ausgewertet. Das vorliegende als Pilotprojekt Aue bezeichnete Vorhaben umfaßt die Expositions- und Tätigkeitsdaten von jährlich zwischen 4.000 und 6.000 Beschäftigte aus dem Bergbaubetrieb Aue (ehemals Objekt 09, jetzt Sanierungsbetrieb Aue der WIS-

MUT GmbH). Insgesamt liegen 103.650 Datensätze vor. Für die Jahre von 1972 bis 1984 sind nur Untertagebeschäftigte erfaßt, ab 1985 auch Übertagebeschäftigte. Diese individuellen Daten sollen so aufbereitet werden, daß ihre Nutzung im Rahmen der großen epidemiologischen Studie über deutsche Uranbergarbeiter möglich wird.

#### **Messung, Erfassung und Registrierung der individuellen Strahlenexposition durch die SDAG WISMUT**

Die Bestimmung der individuellen jährlichen kumulativen Exposition durch kurzlebige Radon-222-Zerfallsprodukte erfolgte durch die SDAG WISMUT ab 1971 auf der Grundlage der sogenannten Ortsdosimetrie, d. h. durch Messung der potentiellen Alphaenergiekonzentration  $C_{pot}$  der kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte in der Luft an den Arbeitsplätzen und Zuordnung der Beschäftigten zu diesen Arbeitsplätzen unter Berücksichtigung der Aufenthaltszeiten.

Im Zeitraum von 1972 bis 1984 wurden aus den Konzentrationswerten Ortsstatistiken der Expositionsdaten erstellt. Die Aufenthaltszeiten und -orte wurden aus sogenannten Ortsbelegungslisten entnommen. Diese enthielten Angaben über Personal-Nr., Tätigkeits-Nr., Betriebspunkt oder Sohle bzw. Grubenbereich sowie Anzahl der Untertageschichten und wurden auf der Grundlage der Primärlisten für die Lohnabrechnung monatlich erstellt. Sie waren trotz Korrektur nicht fehlerfrei.

Für den Zeitraum von 1985 bis 1990 erfolgte die Bestimmung der individuellen Strahlenexposition auf der Grundlage der Zuordnung der gemessenen potentiellen Alphaenergiekonzentration  $C_{pot}$  zu den Kostenstellen. Die Aufenthaltszeiten wurden aus den EDV-Lohnunterlagen entnommen. Vorteilhaft war, daß diese stets vollständig waren. Die damit verbundenen Fehler waren klein, falls der einer Kostenstelle zugeordnete Bereich räumlich begrenzt war. Falls die Kostenstelle einen größeren Grubenbereich umfaßte, wie dies z. B. für den Neben- und Hilfsbetrieb (Schlosser, Lokfahrer...) zutraf, traten größere Fehler auf. Für Hauer stimmen die

aus den Lohnunterlagen entnommenen Aufenthaltszeiten am besten mit den tatsächlichen Aufenthaltszeiten überein.

Die Expositionsdaten für den Zeitraum von 1972 bis 1984 enthalten sowohl einen anteiligen Wert für die Exposition durch kurzlebige Radon-222-Zerfallsprodukte als auch je einen nicht getrennt ausgewiesenen anteiligen Wert für die Exposition durch äußere Gammastrahlung und durch Inhalation langlebiger Alphastrahler. Während die Exposition durch kurzlebige Radon-222-Zerfallsprodukte auf Messungen basiert, wurden die beiden anderen Komponenten pauschal berücksichtigt, d. h. für jede unter Expositionsbedingungen gearbeitete Schicht wurden  $60 \mu\text{Sv}$  (6 mrem) für die Inhalation langlebiger Alphastrahler und  $30 \mu\text{Sv}$  (3 mrem) für die äußere Gammastrahlung zugrunde gelegt. Die registrierten Werte für die individuelle Exposition für den Zeitraum von 1985 bis 1990 beziehen sich ausschließlich auf die Exposition durch kurzlebige Radon-222-Zerfallsprodukte. Die Exposition durch äußere Gammastrahlung bzw. durch Inhalation langlebiger Alphastrahler ist in den Werten nicht enthalten.

#### **Auswertung der individuellen Daten für die Strahlenexposition**

Für die Auswertung wurden die auf DIN-A3-Datenblättern vorliegenden Daten in automatisierte Dateien überführt und in einer Access-Datenbank aufbereitet.

#### *Gruppenbezogene Auswertung der Exposition*

Die Auswertung erfolgte zusammengefaßt für Gruppen von Untertagebeschäftigten für unterschiedliche Tätigkeiten und Arbeitsbereiche anhand der in die Datenbank übernommenen individuellen Expositionsdaten. Es wurden die Expositionsdaten für alle Beschäftigten mit gültigen in der Datenbank erfaßten Tätigkeitsdaten berücksichtigt.

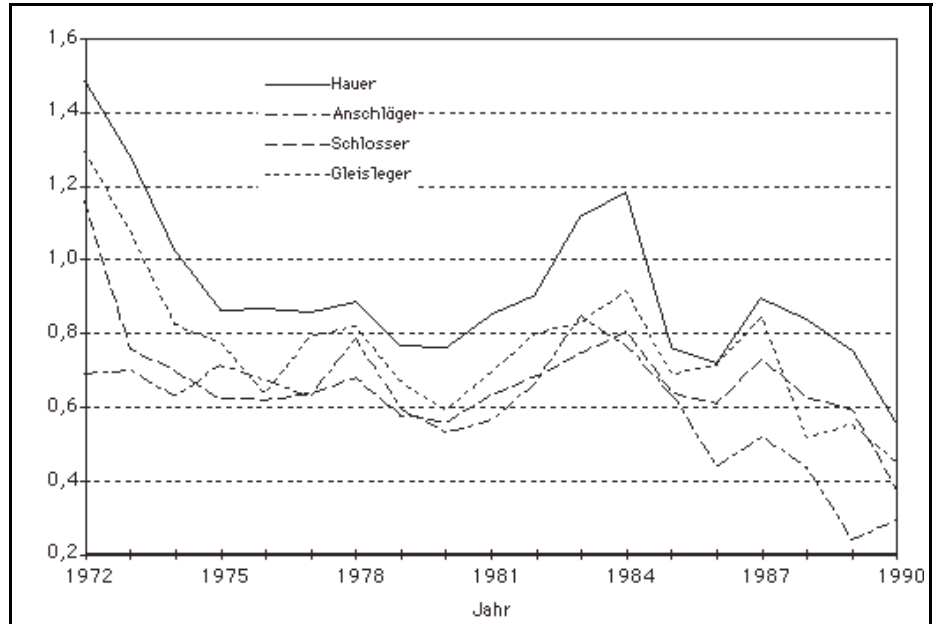
- Exposition bezogen auf die Tätigkeitsklassifizierung

Die Klassifizierung der Untertagetätigkeiten für die tätigkeitsbezogene Auswertung trägt dem Umstand Rechnung, daß für die

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

Zeiträume von 1972 bis 1984 und von 1985 bis 1990 zwei grundsätzlich unterschiedliche Einteilungen der Untertätigkeiten für die individuellen Expositionsdateien der SDAG WISMUT verwendet wurden. Im Gegensatz zum Tätigkeitschlüssel für den Zeitabschnitt von 1972 bis 1984 weist der Schlüssel für die Jahre von 1985 bis 1990 eine wesentlich detailliertere Differenzierung der Tätigkeiten auf. So erfolgte die tätigkeitsbezogene Auswertung der individuellen Exposition für die Jahre von 1972 bis 1984 bzw. von 1985 bis 1990 sowie durch Zusammenfassung der Schlüssel für den Zeitraum von 1972 bis 1990. In der **Abbildung ST-2** ist am Beispiel der 4 Tätigkeitsgruppen, die die Hauer, Anschläger, Schlosser und Gleisleger umfassen, der zeitliche Verlauf der jährlichen mittleren Exposition  $E_{pot}$  für die Jahre von 1972 bis 1990 dargestellt.

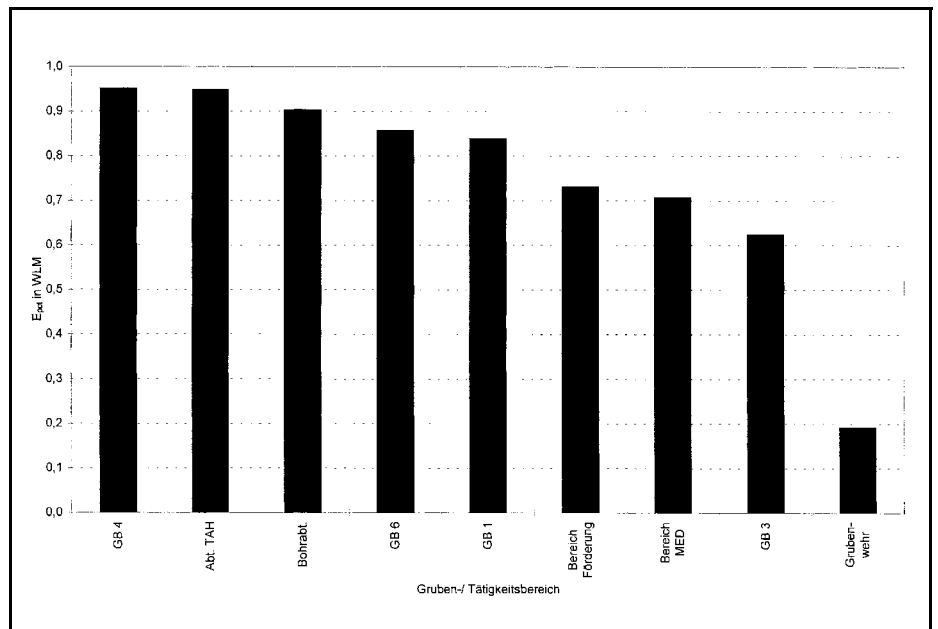


**Abbildung ST-2**

Jährliche Mittelwerte der Exposition  $E_{pot}$  in WLM für Hauer, Anschläger, Schlosser und Gleisleger für den Zeitraum 1972–1990

- Exposition bezogen auf die Arbeitsbereichsklassifizierung

Die Klassifizierung der Arbeitsbereiche beruht auf den in der individuellen Expositionsdatei der SDAG WISMUT angegebenen Gruben- bzw. Tätigkeitsbereichen. Diese umfassen sowohl räumliche Untertagebereiche wie Grubenbereiche als auch geschlossene Arbeitsgruppen mit örtlich unspezifizierter Tätigkeit wie die Grubenwehr. Für die Gruben-/Tätigkeitsbereiche, die über den gesamten Erfassungszeitraum von 1972 bis 1990 geführt wurden, zeigt die **Abbildung ST-3** die Mittelwerte für die jährlichen Exposition  $E_{pot}$  für alle im jeweiligen Bereich tätigen Beschäftigten.



**Abbildung ST-3**

Mittelwert der Exposition  $E_{pot}$  je Gruben-/Tätigkeitsbereich für den Zeitraum 1972–1990

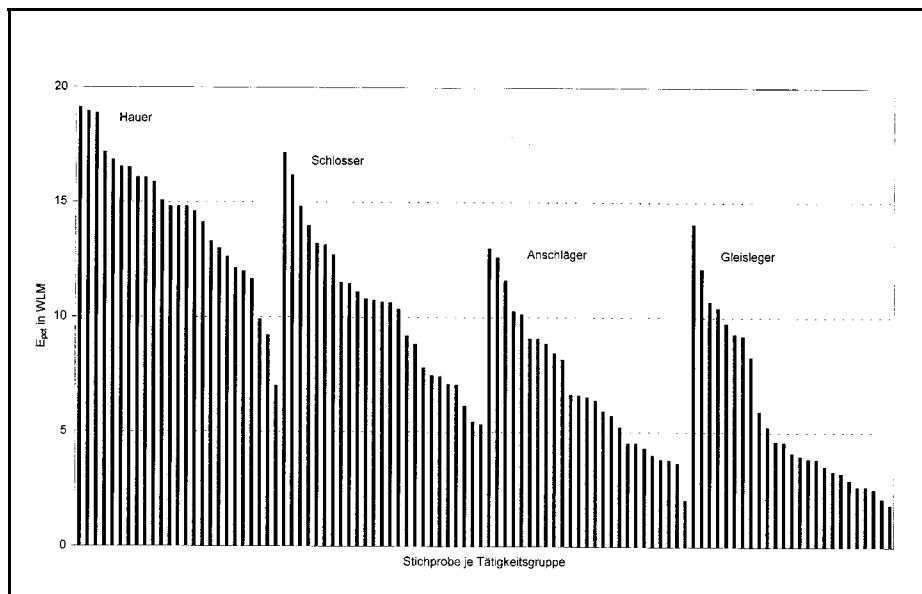
### Auf Einzelpersonen bezogene Auswertung der Exposition (Stichprobe)

Zusätzlich zur gruppenweisen tätigkeits- und arbeitsbereichsbezogenen Auswertung der individuellen Expositionsdatei ermöglicht die Datenbank die Bereitstellung von Expositionswerten für jeden einzelnen Beschäftigten. Diese liegen als jährliche kumulative Werte für den Erfassungszeitraum von 1972 bis 1990 vor. Da bei der Messung und Erfassung der Ausgangsdaten für die Strahlenexposition Fehler aufgetreten sein können, sind folgende Korrekturen sinnvoll:

- Korrektur von Ungenauigkeiten bei der Erfassung und Berechnung sowie der Speicherung der Expositionswerte,
- Korrektur von Fehlern bei der Durchführung der Strahlenschutzmessungen und der Bewertung der Meßergebnisse,

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte



**Abbildung ST-4**

Kumulative Exposition  $E_{pot}$  in WLM für die Tätigkeitsgruppen Hauer, Anschläger, Schlosler und Gleisleger nach individueller Expositionsdatei Aue für den Zeitraum 1972–1990 für eine Stichprobe

- Korrektur von Fehlern infolge von Unregelmäßigkeiten in der Bewetterung.

In **Abbildung ST-4** sind für den Zeitraum von 1972 bis 1990 beispielhaft für eine Stichprobe von je 25 männlichen Untertagebeschäftigten, die überwiegend als Hauer, Anschläger, Schlosler bzw. Gleisleger tätig waren, die Mittelwerte für die kumulative individuelle Exposition dargestellt. Sie wurden aus den registrierten unkorrigierten Expositionsdaten für den Bergbaubetrieb Aue ermittelt.

### Weiterführung der Arbeiten

#### Ableitung von

*Korrekturmöglichkeiten der Werte für die individuelle Strahlenexposition*

Unter vorrangiger Berücksichtigung repräsentativer Tätigkeitsgruppen, werden zur Zeit Arbeiten durchgeführt, um die Unsicherheiten, die den individuellen Expositionsdaten zugrunde liegen, im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten zu erfassen und zu quantifizieren. Grundlage sind die am zuverlässigsten erfaßten individuellen Expositionsdaten für die Hauer. Das betrifft sowohl die Zuordnung der Beschäftigten zu dieser Tätigkeitsgruppe über den gesamten Erfassungszeitraum als auch zu

den Meßwerten an den Betriebspunkten. Darüber hinaus stellen die Hauer die zahlenmäßig umfangreichste und in bezug auf die Exposition eine relevante Beschäftigtengruppe dar.

#### *Stichprobenvergleich mit Expositionsdaten vom HVBG*

Anhand der o. g. Stichprobe von insgesamt 100 Beschäftigten sollen Arbeiten zum Vergleich zwischen den korrigierten Werten für die Strahlenexposition gemäß individueller Expositionsdatei und den vom HVBG zur Verfügung gestellten kumulativen Expositionswerten durchgeführt werden, um die Ausgangsdatenlage für die epidemiologischen Untersuchungen zu verbessern.

### **Untersuchungen zur Oberflächenabscheidung von kurzlebigen Radonzerfallsprodukten in Wohn- und Arbeitsräumen**

V. Schmidt

Die Strahlenexposition durch Inhalation der kurzlebigen Zerfallsprodukte des Radon-222 stellt die bedeutendste Kompo-

nente der natürlichen Strahlenexposition der Menschen dar. Die physikalischen Prozesse, die das radioaktive Gleichgewicht zwischen Radon und den Radonzerfallsprodukten und damit die Strahlenexposition von Menschen durch Inhalation der Zerfallsprodukte beeinflussen, sind sehr komplex. Infolge der Variationsbreite der Bedingungen, die diese Prozesse beeinflussen, ergibt sich die Notwendigkeit, diese unter typischen Bedingungen in Wohn- und Arbeitsräumen in Deutschland zu untersuchen, wobei insbesondere die Ablagerungsprozesse der Radonzerfallsprodukte auf Oberflächen zu betrachten sind. Derartige Untersuchungen stehen auch in direktem Zusammenhang mit den Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Methode der retrospektiven Bestimmung der Strahlenexposition aus Po-210 Messungen von Oberflächen exponierter Einrichtungsgegenstände (siehe [1] und [2]).

Das physikalische Verhalten eines Systems aus Radon, Radonzerfallsprodukten und Aerosolteilchen in Luft wird im wesentlichen durch die Prozesse radioaktiver Zerfall, Ventilation (Luftwechsel), Aerosolanlagerung und Wandablagerung bestimmt. Die Anlagerung der beim Zerfall entstehenden Nuklide an Aerosolteilchen führt zu einer Verteilung der Zerfallsprodukt-Aktivität auf verschiedene Teilchengrößen. Vereinfachend kann man die Verteilung auf eine Koexistenz von an Aerosole angelagerten (angelagerter Anteil) und nicht angelagerten Zerfallsprodukten (freier Anteil) mit jeweils einheitlichen physikalischen Eigenschaften reduzieren. Die Gesamtheit der Prozesse läßt sich durch entsprechende Differentialgleichungen modellhaft beschreiben [3]. Aus diesem Modell erhält man Berechnungsgrundlagen für die einzelnen Zerfallsprodukt-nuklide in Abhängigkeit von den Zeitkonstanten der o. g. Prozesse. Untersuchungen zeigen, daß Ablagerungen von kurzlebigen Zerfallsprodukten auf feste Oberflächen neben dem Prozeß der Anlagerung an Aerosolteilchen entscheidend das makroskopische Verhalten, d. h. das Gleichgewicht zwischen Rn-222 und seinen Zerfallsprodukten und damit die expositionsrelevante Größe potentielle Alphaenergiekonzentration (PAEC) beeinflussen. Die Zeitkonstante für die Ablagerung ist jedoch keine konstante Größe,

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

sondern unterliegt in Abhängigkeit von den Durchmischungsverhältnissen in der Raumluft großen Schwankungen.

Der Parameter, der in das Modell zur Berechnung der Nuklidkonzentrationen eingeht und hier näher untersucht werden soll, ist die Zeitkonstante der Wandabscheidung für Radonzerfallsprodukte ( $\lambda_w$ ). Diese hängt einerseits vom Oberfläche-Volumenverhältnis des betreffenden Raumes und andererseits von der sogenannten Ablagerungsgeschwindigkeit der Teilchen ab. Es gilt:

$$\lambda_w = v \cdot \frac{O}{V},$$

wobei  $v$  die Ablagerungsgeschwindigkeit,  $O$  die innere Raumbofläche und  $V$  das Raumvolumen bedeuten. Während das Oberfläche-Volumenverhältnis  $O/V$  für einen bestimmten Raum eine Konstante darstellt, hängt die Ablagerungsgeschwindigkeit  $v$  von den Durchmischungsverhältnissen der Raumluft ab. Diese wiederum unterliegen wegen der vielfältigen Einflußgrößen, z. B. der Art und Intensität der Heizung, der Wärmeisolierung von Wand und Fenstern und der Luftwechselzahl größeren Schwankungen. Schwerpunkt für die Untersuchung des Ablagerungsprozesses in Wohn- und Arbeitsräumen ist deshalb die Messung der Ablagerungsgeschwindigkeit und der Schwankungsbreite dieser Größe in Abhängigkeit von den o. g. Einflußgrößen. Die Ablagerungsgeschwindigkeit ist definiert als Teilchenstrom auf die Oberfläche ( $i_i$ ) bezogen auf die Teilchenkonzentration ( $c_i$ ) in ausreichend großem Abstand von der Oberfläche, wobei  $i_i$  und  $c_i$  vom Teilchendurchmesser  $d$  abhängen.

$$v = \frac{i_i(d)}{c_i(d)}$$

Im Rahmen der durchzuführenden Untersuchungen ist es gerechtfertigt, die Teilchengrößenabhängigkeit einerseits als Wert für die Ablagerungsgeschwindigkeit für den freien Anteil  $v^f$  und andererseits als Wert für den angelagerten Anteil  $v^a$  auszudrücken. Aus der Literatur [4] ist bekannt, daß infolge der geringeren Teilchengröße des freien Anteils der Radonzerfallsprodukte die Ablagerungsgeschwindigkeit für

diese Teilchen mindestens um den Faktor 100 größer ist als für den aerosolgebundenen Anteil. Eine quantitative Abschätzung zeigt, daß trotz der höheren Aktivitätskonzentrationen der angelagerten Radonzerfallsprodukte diese nur einen geringen Anteil am Teilchenstrom auf die Oberfläche ( $< 10\%$ ) haben und deswegen für die Untersuchungen vernachlässigt werden können. Zur Messung der Ablagerungsgeschwindigkeit sind der Teilchenstrom und die Teilchenkonzentration parallel zu bestimmen. Die Teilchenkonzentration wird aus der Messung der Aktivitätskonzentration des jeweiligen Nuklides abgeleitet. Zur Bestimmung der Aktivitätskonzentration der einzelnen Nuklide wird die Methode von MARKOV benutzt. Dabei werden freier und angelagerter Anteil durch Ansaugung der Meßluft über eine Reihenschaltung von Drahtsieb und Aerosolfilter getrennt gemessen.

Der Teilchenstrom kann nach Einstellung des Gleichgewichts zwischen Akkumulation infolge Teilchenstrom auf die Oberfläche und radioaktivem Zerfall direkt aus der Oberflächenaktivität bestimmt werden. Wegen der Tatsache, daß die Aktivitätskonzentration des freien Anteils von Bi-214 bei allen natürlich vorkommenden Bedingungen in Wohn- und Arbeitsräumen vernachlässigbar ist, liefern nur die Ablagerung von Po-218 und Pb-214 einen Beitrag zur gesamten Oberflächenaktivität. Mit diesen Modellvorstellungen ist die Bestimmung der für den Gesamtprozeß relevanten Ablagerungsgeschwindigkeiten für Po-218 und Pb-214 (freier Anteil) aus einer Alpha-Messung der Oberflächenaktivitäten von Po-218 und Po-214 möglich. Für diese Messungen wird die direkt auf der Oberfläche eines lichtdichten Halbleiterdetektors abgeschiedene Aktivität benutzt. Voraussetzung für die Anwendbarkeit der Methode ist, daß elektrische Kräfte die diffusionsbedingte Abscheidung nicht überlagern. Durch verschiedene Vorversuche an der Testkammer im BfS wurden für die benutzte Gerätekonfiguration solche Einflüsse ausgeschlossen. Die Oberflächenaktivität ( $A_F$ ) läßt sich getrennt für Po-218 und Po-214 aus den gemessenen Spektren des Detektors über die von der Oberfläche emittierten Alphateilchen (Detektorpeaks) ermitteln, wenn eine ausreichend gute Trennung gegeben ist.

Die Oberflächenaktivität ergibt sich jeweils aus den Flächen unter den Peaks unter Berücksichtigung der Detektorfläche, einer Nachweiseffektivität von 50 % und einer Korrektur für die Umgebungsstrahlung.

Mit den so bestimmten Oberflächenaktivitäten und Aktivitätskonzentrationen läßt sich die Ablagerungsgeschwindigkeit getrennt für Po-218 und Pb-214 berechnen. Es gilt für Po-218:

$$v_i^f = \frac{A_{F1}}{c_{f1}} = A_{F1} \cdot \frac{\lambda_1}{a_1^f}$$

und für Pb-214:

$$v_i^f = \frac{(A_{F4} - A_{F1})}{c_{f2}} = (A_{F4} - A_{F1}) \cdot \frac{\lambda_2}{a_2^f}$$

Dabei sind:

$v_i^f$ : Ablagerungsgeschwindigkeit für Po-218 ( $i = 1$ ) und Pb-214 ( $i = 2$ ) jeweils für den freien Anteil

$a_i^f$ : Aktivitätskonzentration von Po-218 ( $i = 1$ ) und Pb-214 ( $i = 2$ ) jeweils für den freien Anteil

$c_i^f$ : Teilchenkonzentration von Po-218 ( $i = 1$ ) und Pb-214 ( $i = 2$ ) jeweils für den freien Anteil

$\lambda_i$ : Zerfallskonstanten von Po-218 ( $i = 1$ ) und Pb-214 ( $i = 2$ )

$A_{Fi}$ : Oberflächenaktivitäten von Po-218 ( $i = 1$ ) und Po-214 ( $i = 4$ ) pro Flächeneinheit

Mit der beschriebenen Methode wurden Messungen in der BfS-Testkammer und in verschiedenen Wohnungen mit erhöhter Radonkonzentration durchgeführt. Der Teilchendetektor wurde möglichst gut in die Oberfläche, auf der die Ablagerungsgeschwindigkeit gemessen werden soll, integriert. Dadurch sollte erreicht werden, daß die auf dem Detektor akkumulierten Aktivitäten repräsentativ für die gesamte

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

Charakteristische Meßbedingungen					Ablagerungsgeschwindigkeit	
Möblierung	Jahreszeit	Heizungsart	Heizungsstärke	sonstiges	$v_1^f$ (m/h)	$v_2^f$ (m/h)
Leerzimmer	Sommer	ohne	ohne Heizung	1)	2,03	0,49
Leerzimmer	Sommer	ohne	ohne Heizung	1)	1,78	0,74
Leerzimmer	Sommer	ohne	ohne Heizung	1)	2,25	0,36
Leerzimmer	Sommer	ohne	ohne Heizung	2)	4,53	1,03
Leerzimmer	Sommer	ohne	ohne Heizung	1)	1,88	0,74
eingericht. Wohnzimmer	Sommer	Zentralheizung	gering	1)	2,61	0,16 <sup>3)</sup>
eingericht. Wohnzimmer	Sommer	Zentralheizung	gering	1)	3,58	0,33
BfS-Testkammer (8 m <sup>3</sup> )	ohne zusätzliche Luftbewegung				0,84	0,30
Bfs-Testkammer (8 m <sup>3</sup> )	mit geringfügiger Luftbewegung durch Ventilator				2,78	1,03
BfS-Testkammer (34 m <sup>3</sup> )	ohne zusätzliche Luftbewegung				1,72	0,64

1) Luftbewegung durch gelegentliches Türöffnen und Bewegung von Personen im Raum  
 2) Betrieb eines Kleinventilators im Raum  
 3) verminderte Genauigkeit, Fehler ca.  $\pm 70\%$

**Tabelle ST-1**

Zusammenfassung der bisher gemessenen Werte für die Ablagerungsgeschwindigkeit von Radonzerfallsprodukten in Wohnungen und in Radon-Testkammern

Oberfläche sind. Räumliche Unterschiede der Anlagerungsgeschwindigkeit, die in der Geometrie der Oberfläche, insbesondere durch Ecken und Kanten begründet sind, sollten bei den ersten durchgeführten Messungen nicht Gegenstand der Untersuchungen sein. Deshalb wurden die Messungen an Oberflächen mit vergleichbarer Meßgeometrie in ausreichend großer Entfernung von Ecken und Kanten durchgeführt (mindestens 30 cm Abstand). Auf diese Weise wurde vorrangig der Einfluß von Raumparametern, die die Durchmischung der Luft beeinflussen, ermittelt. Die Unsicherheit der Messungen beträgt ca. 20 % für  $v_1^f$  und ca. 30 % für  $v_2^f$ .

**Tabelle ST-1** zeigt eine Zusammenstellung der bisherigen, überwiegend im Sommerhalbjahr, d. h. ohne oder mit geringer Heizung, in den Wohnungen durchgeführten Messungen. Diese Messungen zeigen die erwartete Abhängigkeit der Ablagerungsgeschwindigkeit von den Durchmischungsbedingungen. Bei zunehmender Luftdurchmischung infolge Heizung oder

zusätzlicher Luftumwälzung durch einen Ventilator erhöht sich auch die Ablagerungsgeschwindigkeit. Trotz der relativ geringen Anzahl von Meßwerten kann eingeschätzt werden, daß die untersuchten Meßbedingungen die Schwankungsbreite der Meßgröße für das Sommerhalbjahr repräsentieren. Danach ist für diese Jahreszeit mit einer Variation der Ablagerungsgeschwindigkeit im Bereich von ca. 1,5 – 4 m/h für Po-218 (Mittelwert 2,8 m/h) und 0,3 – 1,0 m/h (Mittelwert 0,65 m/h) für Pb-214 zu rechnen. Die zum Vergleich in der **Tabelle ST-1** aufgeführten Messungen in verschiedenen BfS-Testkammern liegen ebenfalls im Bereich der in den Wohnungen gemessenen Werte.

Die Messungen werden im Winterhalbjahr, möglichst bei verschiedenen Heizungsarten fortgesetzt. In die Untersuchungen sollen auch repräsentative Arbeitsplätze einbezogen werden. Auf Grund der bisher gemessenen Werte kann man zumindest unter hiesigen Wohnbedingungen von einer geringeren Schwankungsbreite für die Ablagerungsgeschwindigkeit ausgehen,

als aus den Literaturangaben (in [4] wird eine Meßwertspanne von 2 – 36 m/h ohne Unterscheidung von Po-218 und Pb-214 angegeben) zu erwarten war.

[1] Schmidt, V.  
Anlagerung kurzlebiger Radonzerfallsprodukte an Oberflächen in Wohnräumen  
BfS-Jahresbericht 1996, S. 146–147

[2] Czarwinski, R.  
Retrospektive Bestimmung der Exposition durch Radon  
BfS-Jahresbericht 1996, S. 144–145

[3] Reineking, A.; Porstendörfer, J.  
The unattached fraction of the short-lived radon decay products in indoor and outdoor environments  
Health Phys. (1990) 58, p. 715–727

[4] Porstendörfer, J.  
Properties and behavior of radon and thoron and their decay products in the air.  
J. Aerosol Sci. (1994) 2, p. 219–263

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Kurzberichte

#### Überwachungskonzepte für durch Radon und Radonzerfallsprodukte exponierte Arbeitsplätze

J. Schwedt

In den letzten Jahren wurde in internationalen Empfehlungen [1,2] verstärkt die Einbeziehung von Arbeitsplätzen, die durch Radon und Radonzerfallsprodukte exponiert sind, in die Strahlenschutzüberwachung angeregt. Insbesondere mit der Umsetzung der Richtlinie 96/29 EURATOM [3] in nationales Recht stellt sich die Aufgabe, derartige Arbeitsplätze nicht nur landesweit zu identifizieren, sondern auch mit geeigneten Mitteln und Methoden zu überwachen und dafür geeignete Überwachungskonzepte zu erarbeiten.

In Deutschland gibt es auf Grund der im Einigungsvertrag [4] festgeschriebenen Fortgeltung der Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz – VOAS – [5] für diese Expositionsart noch unterschiedliche gesetzliche Regelungen in den alten und in den neuen Bundesländern. Während die in den alten Bundesländern verbindliche Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen [6] lediglich Arbeitsplätze bei „... Aufsuchung, Gewinnung und Aufbereitung von radioaktiven Bodenschätzen“ in die Überwachung einbezieht, gilt die VOAS in den neuen Bundesländern „...auch für bergbauliche und andere Tätigkeiten, soweit dabei radioaktive Stoffe, insbesondere Radonfolgeprodukte anwesend sind“. Die Fortgeltung der VOAS ermöglichte die Weiterführung des Ende der sechziger Jahre eingeleiteten und in den siebziger Jahren systematisch aufgebauten Überwachungssystems für außerhalb der Uranindustrie beruflich durch Radon und Radonzerfallsprodukte exponierte Personen in der DDR auf dem Gebiet der neuen Bundesländer auch nach der Einheit Deutschlands.

Die in der 1. DB zur VOAS [7] enthaltenen Grenzwerte für diese Expositionsart sind – wie auch schon wahlweise in den Vorgängerverordnungen – auf die zur Exposition korrelierende potentielle Alphaenergie der

kurzlebigen Radonzerfallsprodukte bezogen. Die Exposition wird berechnet als zeitliches Integral der potentiellen Alphaenergiekonzentration der kurzlebigen Radonzerfallsprodukte:

$$E_{\text{pot}} = \int c_{\text{pot}} \cdot dt \quad (1)$$

Näherungsweise kann die individuelle Exposition auch unter Berücksichtigung der Aufenthaltszeiten  $t_i$  an den Arbeitsplätzen  $i$  und der dort mit Hilfe von Kurzzeitmeßgeräten bestimmten Konzentrationen der potentiellen Alphaenergie der kurzlebigen Radonzerfallsprodukte ermittelt werden:

$$E_{\text{pot}} \approx \sum_i c_{\text{pot},i} \cdot t_i \quad (2)$$

Diese Methode zur Bestimmung der beruflichen Strahlenexposition wurde seit Beginn der Überwachung von radonzerfallsproduktexponierten Arbeitsplätzen in der DDR wie auch in anderen Ländern überwiegend angewandt.

Weitere Möglichkeiten zur Expositionsermittlung sind bei hinreichend genau bekanntem Gleichgewichtsfaktor  $F$  durch die Messung der Radonkonzentrationen bzw. der Radonexpositionen gegeben [8].

Die Unzulänglichkeit der Expositionsermittlung auf der Grundlage von Kurzzeitmessungen ist bereits frühzeitig erkannt worden. Insbesondere wegen der stets am Arbeitsort und vor allem bei Arbeitsortwechsel auftretenden Konzentrationsschwankungen kann diese Art der Konzentrationsermittlung sowohl zu Über- als auch zu Unterbewertungen der Strahlenexposition führen, da der einmal nach einer vier- bis achtminütigen Probenahmezeit gemessene Wert  $C_{\text{pot}}$  bis zur nächsten Messung als repräsentativ für die gesamte dazwischenliegende Arbeitszeit angenommen wird. Die (weltweite) Suche nach alternativen Meß- und Bestimmungsmethoden hat allerdings bis heute zu keinem umfassend befriedigendem Ergebnis geführt.

Bei der Bewertung der Eignung von Meßsystemen für die Ermittlung der radonzerfallsproduktbedingten Strahlenexposition sind neben den rein physikalischen Krite-

rien wie Nachweiseffektivität, Nachweishorizonten, Nuklidifferenzierung auch andere Parameter von Bedeutung. Dazu zählen u. a. technische Kriterien wie Robustheit, Handhabbarkeit und ggf. Explosionsgeschütztheit, der technisch-organisatorische Aufwand während des Meßeinsatzes und bei der Auswertung sowie die anfallenden Kosten für die Anschaffung, Unterhaltung, Wartung und Auswertung der Meßsysteme.

Ein Vorteil bei der Verwendung von Kurzzeitmeßgeräten ist darin zu sehen, daß für die Expositionsermittlung die gleichen Meßgeräte und weitgehend auch die gleichen Meßergebnisse wie für den operativen Strahlenschutz zur Überwachung und Optimierung der Ortskonzentrationen in den Arbeitsbereichen verwendet werden können. Unter normalen Abbau- und Wetterbedingungen in Bergwerken und bei ausreichend stabilen künstlichen wie natürlichen Wetterregimen auch an anderen Arbeitsorten sind Kurzzeitmessungen der Radonzerfallsproduktkonzentrationen grundsätzlich für die Ermittlung der Strahlenexposition geeignet. Nachteilig ist allerdings bei den derzeit verfügbaren Geräten, daß sie keine dauerhafte Speicherung der ermittelten Meßwerte ermöglichen.

In Arbeitsbereichen mit örtlich und/oder zeitlich stark schwankenden Radonzerfallsproduktkonzentrationen, wie sie z. B. bei Sanierungstätigkeiten sowohl untertage wie auch obertage auftreten können, ist die Verwendung von integrierenden personen- oder ortsgebundenen Meßgeräten den anderen Methoden vorzuziehen. Für die integrale Messung der Strahlenexposition  $E_{\text{pot}}$  eignen sich insbesondere mit Festkörperspurdetektoren und Probenahmepumpe (zur Anreicherung der Zerfallsprodukte auf dem Meßfilter) ausgerüstete personengebundene Meßgeräte (CEA-SPT), wie sie seit 1991 in größerer Anzahl in der WISMUT GmbH zur individuellen Strahlenschutzüberwachung bei Sanierungsarbeiten eingesetzt werden. Die dauerhafte Registrierung des Meßwertes im System sowie die zentrale Auswertbarkeit der Detektoren sind positiv zu bewerten. Der große Vorteil der Erfassung aller Konzentrationsschwankungen während der Arbeitszeit mit diesen Meßsystemen wird allerdings durch den beträchtlichen



## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Kurzberichte

technisch-organisatorischen Aufwand während des Meßeinsatzes und bei der Auswertung sowie durch die hohen Kosten wieder relativiert. Weitere Nachteile ergeben sich daraus, daß keine Momentanablesung des Meßwertes möglich ist und somit für den operativen Strahlenschutz zusätzliche Meßtechnik sowie weiteres Personal erforderlich sind.

Bei der Verwendung von passiven Meßsystemen (d. h. ohne Anreicherung mittels Probennahmepumpe) zur Bestimmung der Radonexposition  $E_{Rn}$  gelten die oben für aktive Systeme angeführten Vor- und Nachteile entsprechend. Anstelle der laufenden Wartungsarbeiten für die Probennahmeeinrichtung (Pumpe, Akkumulator) sind hierbei umfangreiche technisch-organisatorische Maßnahmen zur Korrektur der Exposition außerhalb der Arbeitszeiten erforderlich. Zusätzlich ist noch der Fehler zu berücksichtigen, der durch die Ungenauigkeiten bei der Bestimmung des für die Berechnung der Strahlenexposition  $E_{pot}$  verwendeten Gleichgewichtsfaktors  $F$  bedingt ist. Erfahrungsgemäß kann dieser in der Praxis lediglich zwischen 0,1 und 0,9 schwanken. Der daraus ableitbare Fehler bei der Expositionsrechnung kann daher nie die aus Kurzzeitmeßergebnissen in ungünstigen Fällen bei Konzentrationsschwankungen um mehrere Größenordnungen resultierenden Fehler erreichen.

Mit der Novellierung des deutschen Strahlenschutzrechts ist die Einbeziehung von weiteren Arbeitsbereichen mit Expositionen durch Radonzerfallsprodukte in die Strahlenschutzüberwachung zu erwarten. Da in Deutschland der Anteil von derartigen Arbeitsplätzen mit relativ gleichbleibenden Expositionsbedingungen voraussichtlich stark zurückgehen wird, andererseits der Anteil von zu überwachenden Arbeitsplätzen mit erheblich variierenden Expositionsbedingungen u. U. beträchtlich zunehmen wird, ist die alleinige Verwendung von Kurzzeitmessungen zur Expositionsbestimmung nicht zu empfehlen. Aber auch der Einsatz von einer der anderen Meßmethoden allein für alle

Arbeitsbereiche bietet aus den oben genannten Gründen nicht die Gewähr für eine befriedigende Lösung des Überwachungsproblems. Um einerseits den zuständigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden der Länder trotzdem den harmonisierten Einsatz von Meßgeräten und Überwachungsmethoden zu ermöglichen, andererseits die Relationen zwischen Aufwand und Nutzen zu wahren, wird die Anwendung eines abgestuften Überwachungskonzeptes empfohlen.

Ein solches abgestuftes Überwachungskonzept sollte z. B. festlegen, daß

- Kurzzeitmessungen der potentiellen Alphaenergiekonzentration im Zusammenhang mit der Erfassung der Aufenthaltzeiten für die Ermittlung der Strahlenexposition hinreichend sind, wenn die Konzentrationen am Arbeitsplatz entweder nachweislich annähernd konstant sind oder aber reproduzierbar regelmäßig schwanken,
- Langzeitmessungen der durch die potentielle Alphaenergie bedingten Strahlenexposition erforderlich sind, wenn die Konzentrationen starke und/oder unregelmäßige Schwankungen aufweisen und hohe individuelle Strahlenexpositionen im Grenzwertbereich zu erwarten sind,
- integrale Langzeitmessungen der Radonkonzentration in Verbindung mit dem Gleichgewichtsfaktor für die Ermittlung der Strahlenexposition ausreichen, wenn die zu erwartenden Expositionen niedrig sind und der Gleichgewichtsfaktor entweder hinreichend konstant ist oder aber um einen bekannten Mittelwert schwankt.

Zur breiten Anwendbarkeit der letztgenannten Methode sind noch umfangreiche Untersuchungen erforderlich. Insbesondere sind dabei die Fragen der zeitlichen und räumlichen Konstanz des Gleichgewichtsfaktors in unterschiedlichen Arbeitsbereichen zu klären sowie Methoden zu seiner möglichst rationellen Ermittlung zu bestimmen.

- [1] ICRP Publication 65: Protection against Radon-222 at Home and at Work, Annals of the ICRP 23 (1993), No. 2.
- [2] International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, International Atomic Energy Agency, 1994, Safety Series No. 115, 1996.
- [3] Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlung, Richtlinie 96/29 EURATOM des Rates vom 13. Mai 1996, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L159, 29. Juni 1996.
- [4] Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Deutschen Demokratischen Republik über die Herstellung der Einheit Deutschlands (Einigungsvertrag) vom 31. August 1990, GBl. der DDR Teil I Nr. 64 (1990) S. 1966.
- [5] Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz vom 11. Oktober 1984, GBl. der DDR Teil I Nr. 30 (1984) S. 341.
- [6] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung StrlSchV), in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. Juni 1989, BGBl. I S.1321, ber. S. 1926.
- [7] 1. Durchführungsbestimmung zur Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz vom 11. Oktober 1984, Gbl. der DDR Teil I Nr. 30 (1984) S. 348.
- [8] Ullmann, W. Erfassung der durch Inhalation von Radon und Radonfolgeprodukten bedingten Strahlenexposition an Arbeitsplätzen, BfS-Jahresbericht 1995, S. 179.

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Kurzberichte

#### Vergleich der Ergebnisse von Radonmessungen in Gebäuden des Gebietes Oberfranken mit dem geogenen Radonpotential

R. Lehmann, J. Kemski\*,  
A. Siehl\*, M. Valdivia-Manchego\*

Nach Schätzungen wird in 1,1 bis 1,8 % der Wohngebäude Deutschlands der von der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK) definierte Normalbereich der Radonkonzentration in Wohnungen von 250 Bq/m<sup>3</sup> überschritten. Man rechnet damit, daß in 0,1 bis 0,3 % der Wohnhäuser Deutschlands die Radonkonzentrationen im Jahresmittel sogar über 1 000 Bq/m<sup>3</sup> liegen.

Erhöhte Radonkonzentrationen in Gebäuden in der Regel auf ein erhöhtes Radonpotential des Baugrundes zurückzuführen. Das erhöhte Radonpotential (potentiell verfügbare Radioaktivität) im Baugrund ist vor allem geologisch bedingt.

Für den Strahlenschutz sind solche Gebiete von besonderem Interesse, in denen mit größerer Häufigkeit als landesweit typisch, erhöhte Radonkonzentrationen in Häusern vorkommen.

Deshalb wird im Rahmen eines vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Forschungsvorhabens „Geogene Faktoren der Strahlenexposition unter besonderer Berücksichtigung des Radonpotentials“ für einige aus geologischer Sicht typische Gebiete (Testgebiete) der Bundesrepublik Deutschland das geogene Radonpotential ermittelt.

Um aus dem geologisch indizierten Radonpotential Rückschlüsse auf die Höhe der auch von der Bauweise und der Gebäudenutzung abhängigen Radonkonzentration in Häusern und insbesondere auf die Häufigkeit der Überschreitungen des Normalbereiches ziehen zu können, sind in den Testgebieten Messungen der Radonkonzentration in Gebäuden zur Bestätigung des Zusammenhanges zwi-

schen der Höhe des Radonpotentials und der Radonkonzentration in der Raumluft (Validierungsmessungen) erforderlich.

#### Untersuchungen in Oberfranken

##### Geogenes Radonpotential

Das Gebiet des Fichtelgebirgsgranits und dessen Umfeld ist eines der geologischen Testgebiete. Dort wurde das Radonpotential der geologischen Einheiten mit dem in verschiedenen Berichten bereits publizierten, vom Geologischen Institut der Universität Bonn entwickelten Verfahren der Bodenluft- und Permeabilitätsmessungen ermittelt und an Hand eines empirischen Bewertungsschemas den Klassen 1 (sehr niedrig) bis 6 (sehr hoch) zugeordnet [3]. Die Ergebnisse sind in **Abbildung ST-5** dargestellt.

##### Radonmessungen in Häusern

Validierungsmessungen zur Bestimmung der Radonkonzentration in Häusern wurden 1997 in den Kreisen Hof, Wunsiedel, Tirschenreuth und Bayreuth durchgeführt, die das Granitgebiet des Fichtelgebirges und andere geologische Formationen Oberfrankens einbeziehen.

Da bereits in früheren Jahren in dieser Region Messungen der Radonkonzentration in Häusern durchgeführt wurden, lag es nahe, die vorliegenden Ergebnisse in die Auswertungen einzubeziehen.

Im Zeitraum 1978 bis 1994 erfolgten im Rahmen eines das Gesamtgebiet der alten Bundesländer umfassenden Programmes Radonmessungen mit Diffusionskammern bei einer Expositionszeit von drei Monaten, verteilt über das gesamte Jahr. Diese Untersuchungen hatten das Ziel, einen grundlegenden Überblick über die Verteilung der Radonkonzentration in Häusern und die sie bestimmenden Parameter zu gewinnen.

Zwischen 1987 und 1992 wurden auf Anforderung von interessierten Bürgern Radonmessungen in Wohnungen mittels Aktivkohledetektoren (gammaspektrome-

trische Auswertung) bei einer Expositionszeit von drei Tagen, unabhängig von der Jahreszeit, durchgeführt.

Die Messungen der Radonkonzentration 1997 wurden wiederum mit Diffusionskammern bei einer Expositionsdauer von drei Monaten während des Frühjahrs vorgenommen, so daß die Meßwerte im Unterschied zu den vorangegangenen Kampagnen, als annähernd repräsentativ für die Jahresmittelwerte der Radonkonzentration betrachtet werden können.

Im wesentlichen beeinflusst durch das sehr unterschiedliche Interesse der Hauseigentümer und der Gemeindeverwaltungen an Radonmessungen resultieren für die drei Meßkampagnen sehr unterschiedliche Verteilungen und Dichten der Meßpunkte im Gesamtgebiet der Untersuchungen. Dies hat auf Grund der extremen geologischen Inhomogenität (siehe **Abbildung ST-5**) und den vorhandenen unterschiedlichen Bauweisen sehr verschiedene Häufigkeitsverteilungen der Radonkonzentration in Häusern zur Folge, von denen jede einzelne nicht notwendigerweise für die gesamte Region der 4 Kreise (3857 km<sup>2</sup>) repräsentativ sein muß.

#### Ergebnisse und Schlußfolgerungen

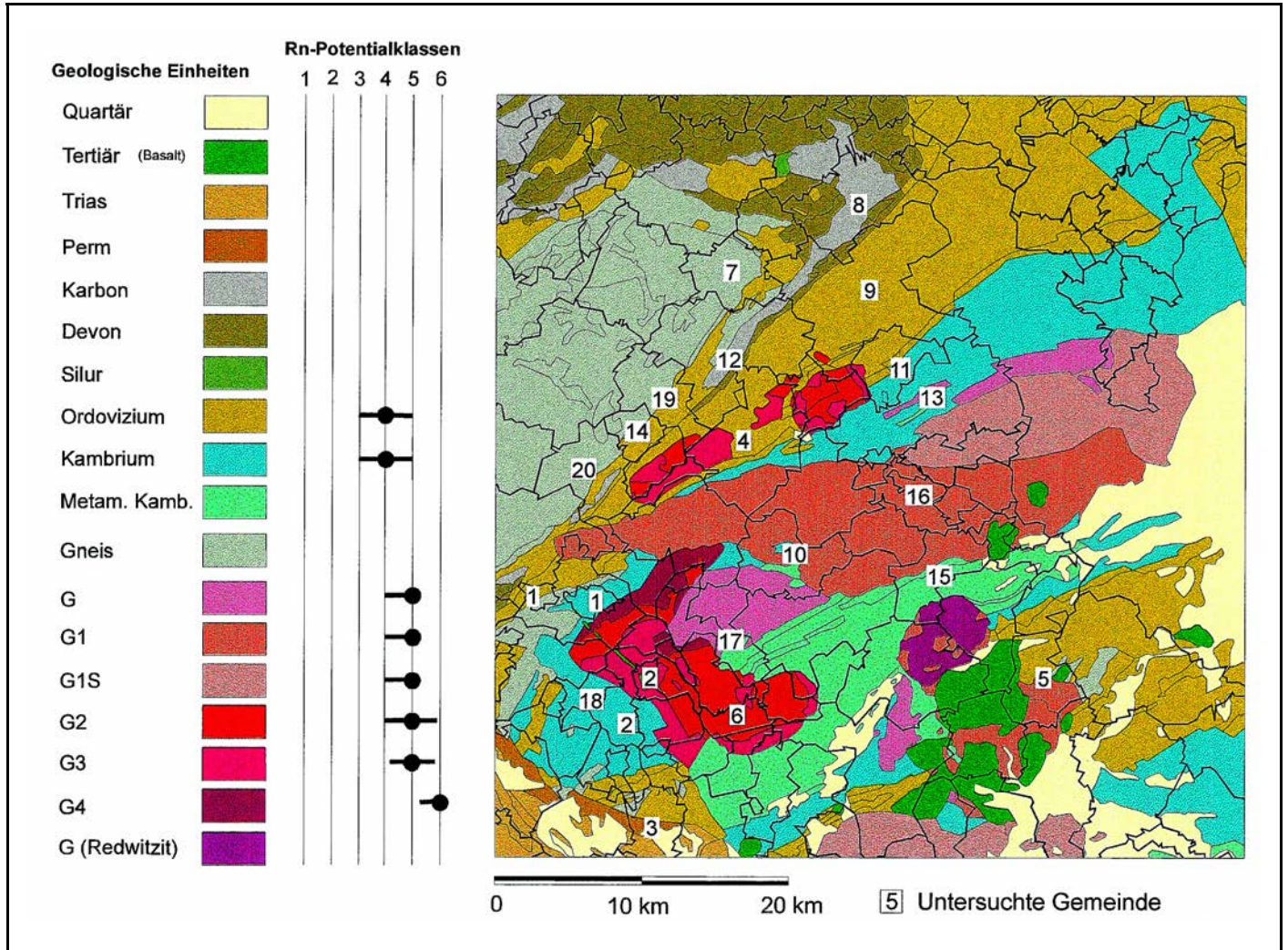
Große, geologisch sehr inhomogene Regionen oder auch einzelne Kreise können nicht durch ein mittleres Radonpotential charakterisiert werden. Die geologische Karte zeigt, daß oft auch innerhalb der Gemeinden sehr unterschiedliche geologische Einheiten auftreten. Somit kann auch ein die Gesamtfläche einer Gemeinde charakterisierendes Radonpotential nur unter Abwägung der sich aus solch einer Zuordnung ergebenden Konsequenzen beschrieben werden. Für Validierungszwecke ist eine eindeutige Zuordnung der Radonmeßwerte zum geologischen Untergrund erforderlich. Dies kann nur mit Hilfe einer präzisen kartographischen Lokalisierung der Gebäude durchgeführt werden. Gleichzeitig ist eine Berücksichtigung der baulichen Gegebenheiten erforderlich.

In **Tabelle ST-2** sind die Häufigkeitsverteilungen der Radonkonzentration in Kellern und Erdgeschossen zusammenfassend

\* Geologisches Institut der Universität Bonn

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte



**Abbildung ST-5**  
Geologische Karte und geogenes Radonpotential von Oberfranken

Region	Etage	Radonkonzentration in Bq/m <sup>3</sup>		relativer Anteil in %				
		Median	Maximum	< 50 Bq/m <sup>3</sup>	< 100 Bq/m <sup>3</sup>	< 250 Bq/m <sup>3</sup>	< 500 Bq/m <sup>3</sup>	< 1000 Bq/m <sup>3</sup>
Granit	Keller	169	2500	18	36	53	77	93
Granit	Erdgeschosse	118	1200	21	45	72	91	98
überwiegend kein Granit	Keller	139	5400	16	44	68	83	92
überwiegend kein Granit	Erdgeschosse	45	610	50	75	94	96	99,8
Granit:	Gemeinden: 1,2,4,5,6,10,13,15,16,17	(siehe Abbildung ST-5)						
überwiegend kein Granit:	Gemeinden 3,7,8,9,11,12,14,18,19,20	(siehe Abbildung ST-5)						

**Tabelle ST-2**  
Messungen der Radonkonzentration in Häusern von Oberfranken

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

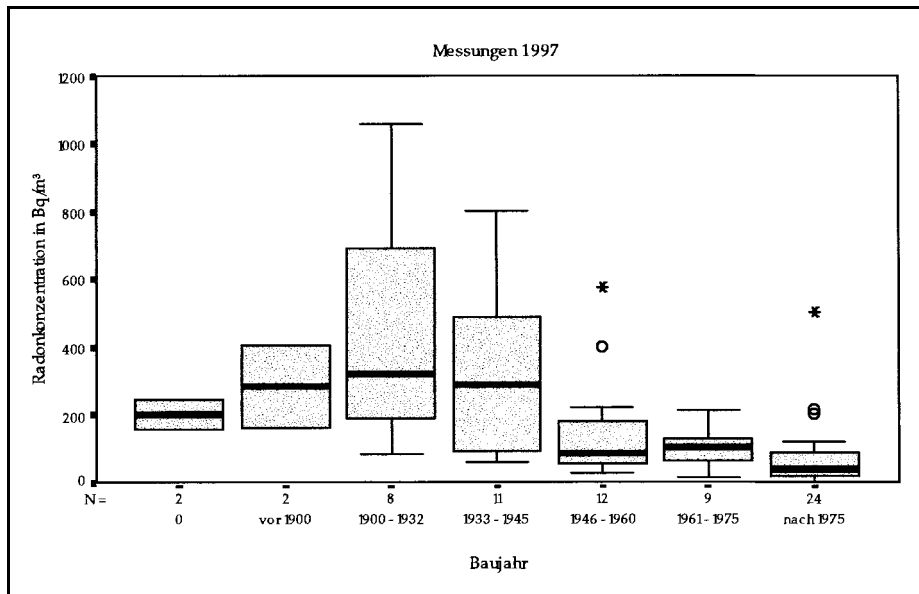


Abbildung ST-6

Abhängigkeit der Radonkonzentration in Erdgeschossen der Gebäude Oberfrankens vom Baujahr

für Gemeinden auf Granit und für überwiegend außerhalb der Granite liegende Gemeinden dargestellt. Die Verteilungen der Radonkonzentration in Häusern der Gemeinden mit teilweise oder überwiegend Granituntergrund spiegeln deutlich das erhöhte geogene Radonpotential wider. Die Kellerräume weisen infolge der unmittelbaren Anbindung an den Untergrund erwartungsgemäß häufiger erhöhte Radonkonzentrationen als die Erdgeschosse auf.

Ausgehend von diesen Verteilungen, könnte unter Beachtung der Überschreitungshäufigkeit des Normalbereiches und des Vorkommens von Radonkonzentrationen über  $1000 \text{ Bq/m}^3$  unter Berücksichtigung des Radonpotentials eine Definition für radon-prone areas (RPA) abgeleitet werden. Hierfür sind jedoch unter statistischen Gesichtspunkten gesicherte Kriterien auszuarbeiten. Vergleicht man die in **Tabelle ST-2** gezeigten Häufigkeitsverteilungen der Radonkonzentration mit dem von der ICRP als Beispiel angegebenen Entscheidungskriterium für RPA's (1 % der Gebäude über dem Zehnfachen des landesweiten Mittelwertes – in Deutschland entspricht dies  $500 \text{ Bq/m}^3$ ), wären auch die weitgehend granitfreien Gebiete als RPA einzustufen, die durch ein mittleres Radonpotential der Klasse 4 gekennzeichnet sind.

Die Abhängigkeit der Radonkonzentration von der Bauweise wird in **Abbildung ST-6** verdeutlicht, indem verschiedene Bauzeiträume berücksichtigt wurden. Hier zeigt sich, daß nach 1945 errichtete Gebäude sowohl im Median deutlich niedrigere Radonkonzentrationen aufweisen und bis auf Ausnahmen auch die Variationsbreite der Konzentration des Radons wesentlich geringer ist. Der Trend, der als zunehmende Dichtheit neuerer Gebäude gegenüber Radon im Boden interpretiert werden kann, setzt sich fort. Bei einer Definition von radon-prone areas ist somit eine Berücksichtigung der Bauweise vorzusehen.

- [1] ICRP-Publication 65: Protection Against Radon-222 at Home and at Work. Annuals of the ICRP (1994), First edition.
- [2] Strahlenschutzgrundsätze zur Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Gebäuden. Empfehlungen der SSK, Bundesanzeiger Nr. 155 (1994), S. 8766.
- [3] *Kemski, J.; Klingel, R.; Siehl, A.* Das geogene Radonpotential. In: *Siehl, A (Hrsg.) Umweltradioaktivität.* Ernst & Sohn Verlag Berlin 1996, S. 179 – 222.

## Radioaktive Kontamination von Auenböden und ihre radiologische Bewertung

M. Jurk, S. Sawallisch

Im Rahmen des Projektes „Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten – Altlastenkataster“ wurde ein Meßprogramm zur Ermittlung des Einflusses des Bergbaus auf die Sedimente und Auenböden der Vorfluter durchgeführt, über dessen Ergebnisse bereits im Jahresbericht des BfS 1996 berichtet wurde [1].

Die Frage nach möglichen Strahlenexpositionen bei Nutzung kontaminierter Auen konnte dabei noch nicht abschließend geklärt werden. Zum einen hatten die Ergebnisse der Messungen von je einem Querprofil zum Flußlauf pro untersuchte Aue auf Inhomogenitäten der spezifischen Aktivität im Boden hingewiesen. Deshalb stellte sich die Frage, inwieweit die wenigen zur Verfügung stehenden Meßwerte pro Aue für eine realistische Expositionsabschätzung geeignet sind. Zum anderen beinhaltete das genannte Meßprogramm nur die Untersuchung der spezifischen Aktivität der Auenböden und die Messung der Gammaortsdosisleistung (ODL), nicht aber die Untersuchung der spezifischen Aktivität des Weidegrases. Die Bewertung des Expositionspfades „Weide“ erfolgt auf der Basis von Transferfaktoren Boden-Pflanze, die jedoch nur für Verwitterungsböden bekannt waren. Deren Übertragbarkeit auf Auenböden kann auf Grund der unterschiedlichen Wachstumsbedingungen nicht unmittelbar vorausgesetzt werden, beispielsweise weil das auf Auen wachsende Gras durch Überschwemmungsereignisse beeinflusst sein kann.

Im vorliegenden Bericht werden zunächst die Ergebnisse ergänzender Untersuchungen des BfS [2] zu den genannten Fragestellungen beschrieben, die dann im zweiten Teil bei einer Expositionsabschätzung für eine Aue der Zwickauer Mulde Anwendung finden.

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

Außer der bereits erwähnten Strahlenexposition über die Ingestion durch Nutzung der Auen als Dauergrünland oder Weide werden dabei äußere Expositionen durch Aufenthalt von Personen auf den Auen und innere Expositionen von spielenden Kindern durch Aufnahme von Boden berücksichtigt.

### Ergebnisse ergänzender Untersuchungen

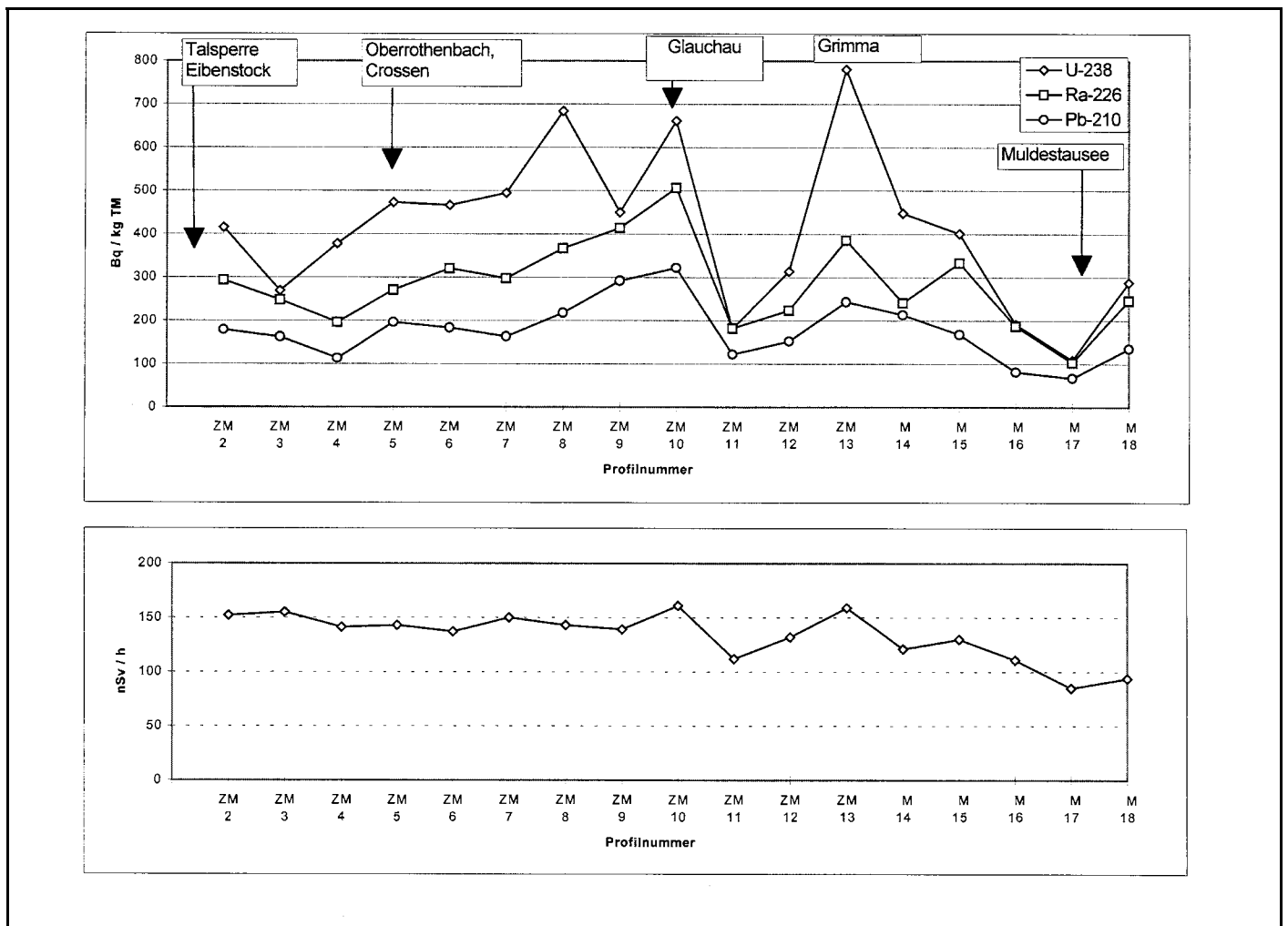
Die ergänzenden Untersuchungen zur Beurteilung des Expositionspfades „Weide“ wurden an drei Auen der Elbe und einer Aue der Zwickauer Mulde durchgeführt.

Es wurden insgesamt 13 Proben von Weidegras und Boden der Schichten 0-10 cm und 0-30 cm entnommen, wobei auch bei diesen Untersuchungen die Probenentnahmestellen als Querprofil zum Flußlauf angeordnet wurden. Die Gammaortsdosisleistung wurde an jeder Probenentnahmestelle gemessen. In den Grasproben wurden die spezifischen Aktivitäten der die innere Strahlenexposition bestimmenden Radionuklide Ra-226 und Pb-210, teilweise auch von Po-210 mit radiochemischen Methoden gemessen. Die Bodenproben wurden gammaspektrometrisch untersucht. Auf eine radiochemische Bestimmung von Po-210 in den Böden wurde verzichtet, da die Ergebnisse des Meßpro-

grammes „Sedimente und Auenböden“ gezeigt hatten, daß in Auenböden ein Gleichgewicht zwischen Pb-210 und Po-210 vorliegt. Die Transferfaktoren Boden-Pflanze für Po-210 wurden unter der Voraussetzung berechnet, daß in den untersuchten Böden dieses Gleichgewicht vorliegt.

**Tabelle ST-3** zeigt die Spannweiten und Mittelwerte der ermittelten Transferfaktoren.

Die Transferfaktoren, die den Empfehlungen der SSK [3] zugrunde liegen, wurden aus Messungen in Bergbaugebieten abgeleitet. Sie schließen neben der Wurzel-



**Abbildung ST-7**

Ergebnisse des Meßprogramms „Radionuklidbelastung von Sedimenten und Auenböden“. Mittelwert der spezifischen Aktivität und der Gamma-Ortsdosisleistung pro Profil in der oberen Bodenschicht der Zwickauer Mulde (ZM) und vereinigten Mulde (M)

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

Radionuklid	n <sup>1)</sup>	Min	Max	Mittelwert	Vergleich: SSK
Ra-226	13	4,3 E-3	2,7 E-2	1,1 E-2	1 E-2
Pb-210	13	8,4 E-3	2,4 E-1	6,2 E-2	1 E-2
Po-210 <sup>2)</sup>	7	2,0 E-3	2,2 E-1	4,4 E-2	1 E-2

1) n = Anzahl der vorliegenden Meßwerte für Weidegras von Auen von Pb-210 und Po-210 im Boden  
 2) TF errechnet unter der Annahme eines radioaktiven Gleichgewichtes

**Tabelle ST-3**

Transferfaktoren (TF) Boden – Weidepflanze (Bq/kg FMPfl ; Bq/kg TMBod)

	Effektive Dosis in mSv/a			
	äußere	innere durch Verzehr von Milch und Fleisch	innere durch Aufnahme von Boden	gesamt
Gesamt	0,11	0,22	0,12	0,45
Geogen	0,07	0,04	0,02	0,13
Bergbaubedingt	0,05	0,17	0,10	0,32

**Tabelle ST-4**

Abschätzung der Strahlenexposition durch Nutzung der Muldeaeue bei Glauchau (Profil ZM 10) für die kritische Gruppe der fünfjährigen Kinder

aufnahme die Resuspension und die direkte Ablagerung von Radionukliden auf den Pflanzen ein und sind daher methodisch mit den im vorliegenden Bericht berechneten Transferfaktoren vergleichbar. **Tabelle ST-3** zeigt, daß der für Ra-226 errechnete mittlere Transferfaktor gut mit dem von der SSK verwendeten übereinstimmt, daß aber für Pb-210 und Po-210 höhere Transferfaktoren errechnet werden. Für die Berechnungen der Strahlenexposition wird deshalb für Pb-210 und aus Konservativitätsgründen auch für Po-210 der Mittelwert dieser Untersuchungen (6 E-2) verwendet.

Hinsichtlich der Inhomogenität der Aktivitätskonzentrationen in Böden bestätigten die Untersuchungen zwar die aus dem Meßprogramm „Sedimente und Auenböden“ bekannte Varianz der spezifischen Aktivitäten der Auenböden, die Mittelwerte der spezifischen Aktivität pro Aue waren aber gut reproduzierbar, so daß sich keine Anhaltspunkte für Zweifel an der Repräsentativität der Meßwerte des Programmes „Sedimente und Auenböden“ ergeben und diese für Expositionsabschätzungen verwendet werden können.

### Expositionsabschätzung

Die Abschätzung der Strahlenexposition soll im Sinne einer Maximalabschätzung für eine Aue vorgenommen werden, bei der im Meßprogramm „Sedimente und Auenböden“ eine möglichst hohe Kontamination nachgewiesen wurde und die gleichzeitig mindestens eine Größe von 1 ha hat, damit die Zugrundelegung des Expositionspfades „Weide“ realistisch ist. Die Auen der Zwickauer Mulde sind von allen überhaupt im Meßprogramm untersuchten Auen größerer Vorfluter am höchsten kontaminiert.

**Abbildung ST-7** zeigt die Mittelwerte der spezifischen Aktivität je Auenbodenprofil in der oberen Bodenschicht der Mulde und die Mittelwerte der ODL je Auenbodenprofil der Mulde.

Die höchsten Expositionen sind bei Nutzung der Aue bei Glauchau (Profil ZM 10) zu erwarten. Die aus den Meßwerten berechnete mittlere spezifische Aktivität in der oberen Bodenschicht der Aue Glauchau liegt für U-238 bei 661 Bq/kg, für Ra-226 bei 507 Bq/kg und für Pb-210 bei

321 Bq/kg. Die mittlere Gammaortsdosisleistung auf dieser Aue liegt bei 161 nSv/h.

Bei der Berechnung der Strahlenexposition wurden die relevanten Radionuklide der U-238- und der U-235-Zerfallsreihe berücksichtigt. Für die im Boden nicht gemessenen Radionuklide wurde Gleichgewicht mit dem Mutternuklid bzw. ein natürliches Isotopenverhältnis angenommen. Für die Berechnung der spezifischen Aktivität des Weidegrases wurden die bereits diskutierten Transferfaktoren eingesetzt, für alle anderen Radionuklide wurden die Transferfaktoren aus dem Entwurf der Berechnungsgrundlagen zur bergbaubedingten Umweltradioaktivität [4] verwendet.

Da bei der Bewertung der bergbaubedingten Exposition das geogene Niveau in Abzug zu bringen ist, wurde dieses bei der Berechnung berücksichtigt. Nach Untersuchungen bergbaulich unbeeinflusster Auen im Meßprogramm „Sedimente und Auenböden“ liegt dieses im Mittel bei ca. 75 Bq/kg, dies deckt sich mit Literaturangaben [5]. Der geogene Wert der Gammaortsdosisleistung auf Auen wurde aus der Korrelation der Ra-226-Aktivität des Bodens (0-30 cm) mit der ODL abgeleitet, die auf der Grundlage der hier durchgeführten Untersuchungen ermittelt wurde. Er liegt bei 94 nSv/h.

Für die kritische Gruppe der fünfjährigen Kinder wurden die Expositionspfade äußere Exposition bei Aufenthalt auf Auen bei einer angenommenen jährlichen Aufenthaltszeit von 1000 h berechnet sowie die innere Exposition durch Verzehr von Milch und Fleisch und durch Aufnahme von Boden. Bei der Berechnung der inneren Exposition über den Weidepfad wurde nicht nur die Aufnahme von Futter durch die Kuh mit 65 kg/d, sondern auch die Aufnahme von Boden im Falle der Weidehaltung mit 0,5 kg/d berechnet. Außerdem wurde eine Vermischung mit nicht am betrachteten Ort erzeugten Produkten mit dem Faktor 0,25 berücksichtigt. Bei der Exposition aus der Aufnahme von Boden durch spielende Kinder wurde, entsprechend dem Entwurf Berechnungsgrundlagen, eine Aufnahme von 20 g Boden zugrundegelegt sowie ein Anreicherungs faktor von 2 für die Feinbodenfraktion.

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Kurzberichte

#### Bewertung

**Tabelle ST-4** zeigt die berechneten effektiven Dosen für die kritische Gruppe der fünfjährigen Kinder.

Die Tabelle macht deutlich, daß die über den Expositionspfad „Weide“ zustandekommenden Expositionen den größten Anteil an der Gesamtexposition ausmachen. Die zusätzliche bergbaubedingte Dosis für die kritische Gruppe liegt bei 0,32 mSv/a und damit unterhalb des von der SSK zur Bewertung bergbaubedingter Kontaminationen empfohlenen Richtwertes von 1 mSv/a. Für die betrachtete Aue der Mulde müssen deshalb aus der Sicht des Strahlenschutzes keine Nutzungseinschränkungen erwogen werden.

Da bei allen anderen Auen niedrigere Mittelwerte der spezifischen Aktivität in den Bodenprofilen ermittelt worden sind, erscheint es möglich, diese Aussage auf alle im Meßprogramm „Sedimente und Auenböden“ untersuchten Auen größerer Flüsse, wie beispielsweise der Weißen Elster, der Saale und der Elbe zu übertragen.

Nicht betrachtet wurden im vorliegenden Bericht kontaminierte kleinere Auen an Bächen im Abstrom von Absetzanlagen am Oberrothenbacher Bach, an der Göltzsch und an der Kleinen Pyra. Für die Auen des Oberrothenbacher Baches und der Göltzsch wurden bereits im Jahresbericht des BfS 1996 standortspezifische Untersuchungen empfohlen. Für die Aue der kleinen Pyra, die an der ehemaligen Absetzanlage Tannenbergesthal liegt, ist wegen der Flächenausdehnung die Zugrundelegung des Expositionspfades „Weide“ bei der Berechnung der Strahlenexposition nicht realistisch. Auch für diese Aue zeigen Abschätzungen, daß sich keine Expositionen oberhalb des SSK-Richtwertes ergeben.

- [1] Jurk, M.; Barth, A.  
Ergebnisse des Untersuchungsprogrammes „Sedimente und Auenböden“ und deren radiologische Bedeutung.  
BfS-Jahresbericht 1996, S. 162 – 164.

- [2] Erste Abschätzung der durch Nutzung von bergbaulich beeinflussten Auen möglichen Strahlenexpositionen.  
Interner BfS-Bericht ST1-03/1997.
- [3] Strahlenschutzgrundsätze für die Verwahrung, Nutzung oder Freigabe von kontaminierten Materialien, Gebäuden, Flächen oder Halden aus dem Uranerzbergbau.  
Veröffentlichung der Strahlenschutzkommission, Band 23 (1992).
- [4] Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität.  
(Entwurf, Stand: 17.07.1997).
- [5] Geochemischer Atlas des Freistaates Sachsen, Teil 1: Spurenelementgehalte in Gesteinen.  
LfUG (1996).

---

#### **Untersuchungen in der Kleingartenanlage der Gartensparte „Silberbachtal“ (Schlema) zur Abschätzung der Strahlenexposition**

---

K. Wichterey

Wiederholt geäußerte Besorgnis über die Nutzung von kontaminierten Flächen aus dem Uranerzbergbau oder von Flächen in der Umgebung bergbaulicher Hinterlassenschaften zum Anbau von Nahrungsmitteln führt zur Notwendigkeit, die Exposition durch Ingestion näher zu überprüfen. Nach den von der Strahlenschutzkommission (SSK) empfohlenen Strahlenschutzgrundsätzen für die Nutzung derartiger Flächen [1] bestehen bis zu einer spezifischen Aktivität eines Radionuklids der Uran-Radium-Zerfallsreihe von 0,2 Bq/g keine Nutzungseinschränkungen. Im Bereich oberhalb von 0,2 Bq/g empfiehlt die SSK standortspezifische Prüfungen, wenn z. B. über ackerbauliche oder gärtnerische Nutzungen entschieden werden soll. Mit der vorliegenden Untersuchung sollte exemplarisch geprüft werden, ob das von der SSK für die Bevölkerung

als tolerierbar angesehene Dosiskriterium von 1 mSv pro Jahr, welches zusätzlich zum geogenen Niveau für die bergbaubedingte Strahlenexposition gilt, eingehalten wird oder ob für Kleingartenanlagen ähnlicher Art Nutzungsbeschränkungen erwogen werden sollten.

#### **Standortspezifisches Untersuchungsprogramm**

Die besonderen Standortbedingungen der Kleingartenanlage der Gartensparte „Silberbachtal e. V.“ in Schlema/Erzgebirge ließen eine durch mehrere bergbauliche Einflüsse geprägte Situation erwarten.

Diese Gartenanlage (ca. 4 ha Größe, 72 Parzellen) ist auf einer eingeebneten Uranerzbergbauhalde mit teilweise geringer Abdeckmächtigkeit (<20 cm) entstanden. Durch ihre Tallage und die unmittelbare Nachbarschaft zu großen Halden des Uranerzbergbaus könnte die Gartenanlage dort auch durch den Staubabtrag und die Radonfreisetzung aus den umliegenden Halden beeinflusst sein. Als zusätzliche Kontaminationsquelle mußte der durch Zuflüsse aus untertägigen bergbaulichen Anlagen beeinflusste Silberbach betrachtet werden, dessen Wasser als Gießwasser benutzt wird.

Die Untersuchung bezog alle von der SSK in [1] aufgeführten Expositionspfade in die Überprüfung ein und beschränkte sich nicht nur auf die naheliegende Frage nach der Verwendbarkeit von hier angebautem Obst und Gemüse.

Dazu wurde im BfS ein Programm erarbeitet, das mit den Mitgliedern der Gartensparte abgestimmt und unter deren Mitwirkung und mit Unterstützung der Wismut GmbH in der Vegetationsperiode 1996 durchgeführt wurde.

Die Ergebnisse der Beprobungen und Messungen sind in **Tabelle ST-5** dargestellt.

#### **Abschätzung der Strahlenexposition**

Aus diesen Meßergebnissen wurde die mögliche Strahlenexposition für jeden Ex-

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

positions-pfad unter Verwendung realistischer, doch ausreichend konservativer Parameter nach [3] berechnet. Da diese Parameter, vor allem aber die Verzehrswerten, derzeit noch diskutiert werden, wurde zusätzlich ein Fragebogen zur Ermittlung der Verzehrsmengen aus eigenem Anbau ausgewertet. Die von 25 Familien vorliegenden Angaben (im Mittel 40 kg/Jahr) unterstützen die in [3] verwendeten Zahlenangaben für den jährlichen Konsum pflanzlicher Nahrungsmittel aus lokalem Anbau (Erwachsene: 50 kg; ein- bzw. 5-jährige Kinder: 10 bzw. 33 kg). Für den Expositionspfad „Aufnahme von kontaminiertem Boden“ durch einjährige Kinder, der bei kleingärtnerischer Nutzung nicht ausgeschlossen werden kann, ist man nach wie vor auf Schätzungen angewiesen, so daß auch hier noch keine abschließende Festlegung für ein vernünftiges Vorgehen getroffen wurde.

Die auf der Basis des derzeit vorliegenden Entwurfes der Berechnungsgrundlagen [3] für die einzelnen Pfade resultierende Strahlenexposition für Personen von drei zu betrachtenden Altersgruppen zeigt **Tabelle ST-6**. Dabei kann der Wasserpfad wegen fehlender Trinkwassernutzung entfallen.

Die Strahlenexposition durch Radon und Radonfolgeprodukte wird nach der SSK-Empfehlung [4] nicht in die Dosisberechnung einbezogen.

### Bewertung

Die unter Einbeziehung des Beitrages der natürlicherweise vorhandenen Umweltraadioaktivität errechneten Dosiswerte zeigen, daß der von der SSK empfohlene Richtwert von 1 mSv/a am Standort der Gartensparte „Silberbachtal“ bei weitem nicht in Anspruch genommen wird, sofern die berechneten Mittelwerte der spezifischen Aktivität in den untersuchten Medien bzw. mittlere ODL-Werte zugrunde gelegt werden.

Eine Überschreitung dieses Dosiskriteriums ergäbe sich auch bei Verwendung der Maximalwerte der spezifischen Aktivität nur dann, wenn bei Berücksichtigung des Expositionspfad „Aufnahme von kontaminiertem Boden“ für die Personen-

Messungen	Bereich der Meßwerte	Anzahl der Proben	Mittelwert
Gamma-Ortsdosisleistung	0,11 – 0,41 µSv/h	425	0,20 µSv/h
Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre	45 – 75 Bq/m <sup>3</sup>	3	60 Bq/m <sup>3</sup>
Schwebstaubkonzentration	0,03 – 0,06 mg/m <sup>3</sup>	2	–
Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentration	0,27 mBq/m <sup>3</sup>	1	–
Spezifische Aktivität im Boden			
U-238	0,13 – 0,50 Bq/g	20	0,26 Bq/g
Ra-226	0,08 – 0,38 Bq/g	20	0,16 Bq/g
Pb-210	0,07 – 0,36 Bq/g	20	0,15 Bq/g
Spezifische Aktivität in Pflanzen (Gemüse) <sup>4)</sup>			
U-238	< EG <sup>2)</sup> - 0,79 Bq/kg FM <sup>3)</sup>	25	0,16 Bq/kg FM
U-234	< EG - 0,89 Bq/kg FM	23	0,19 Bq/kg FM
Ra-226	< EG - 1,74 Bq/kg FM	20	0,69 Bq/kg FM
Pb-210	0,06 – 2,00 Bq/kg FM	29	0,37 Bq/kg FM
Po-210	0,02 – 0,90 Bq/kg FM	34	0,21 Bq/kg FM
Aktivitätskonzentration im Oberflächenwasser			
U-gesamt	5,2 – 10 µg/l	4	6,4 µg/l
U-238	64 – 125 mBq/l	4	79 mBq/l
Ra-226	5,8 – 38 mBq/l	4	16 mBq/l
1) Genauere Angaben sind im Bericht Bfs-ST1-05/1997 enthalten [2] 2) EG = Erkennungsgrenze der Meßwerte 3) FM = Frischmasse 4) Von den insgesamt 36 Proben wurden nur Meßwerte oberhalb der Erkennungsgrenze (EG) der Meßmethode berücksichtigt.			

**Tabelle ST-5**

Meßergebnisse aus dem standortspezifischen Untersuchungsprogramm „Silberbachtal“<sup>(1)</sup>

gruppe der einjährigen Kinder vom Maximalwert der spezifischen Aktivität der untersuchten Bodenproben und einem konservativen Expositionsszenario (Aufenthalt an 220 Tagen des Jahres ausschließlich auf dieser am höchsten kontaminierten Teilfläche) ausgegangen würde. Da die Ergebnisse der flächendeckend im Raster von 10 x 10 m durchgeführten ODL-Messungen belegen, daß dies nur bei Teilflächen mit einem äußerst geringen Flächenanteil (1 % der Werte überschritten 300 nSv/h) zutrifft, ist diese Annahme als völlig unrealistisch anzusehen und führt zu keiner Änderung der Gesamtbewertung.

Die durch Radon in der bodennahen Atmosphäre verursachte Strahlenexposition

bleibt an diesem Standort unberücksichtigt, da der von der SSK dafür angegebene Richtwert von 80 Bq/m<sup>3</sup> unterschritten ist.

### Schlußfolgerungen

- Am untersuchten Standort der Gartensparte „Silberbachtal“ in Schlema sind Nutzungseinschränkungen oder Sanierungsforderungen aus Gründen des Strahlenschutzes nicht gerechtfertigt.
- Beim derzeitigen Stand der Berechnungsgrundlagen [3] zeigt der Vergleich der aus den einzelnen Pfaden resultierenden Dosisbeiträge, daß die



# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

Expositionsprofil	Strahlenexposition [in mSv pro Jahr] <sup>1)</sup> für Altersgruppe								
	Erwachsene			5-jährige Kinder			1-jährige Kinder		
	Mittelwert	Min.	Max.	Mittelwert	Min.	Max.	Mittelwert	Min.	Max.
1. äußere Exposition	0,12	0,066	0,246	0,14	0,077	0,287	0,14	0,077	0,287
2. Aufnahme von kontaminiertem Boden	0,02	0,011	0,045	0,047	0,026	0,106	0,48	0,255	1,062
3. Inhalation von Staub	0,007	0,003 <sup>2)</sup>	0,010 <sup>2)</sup>	0,007	0,003 <sup>2)</sup>	0,010 <sup>2)</sup>	0,007	0,003 <sup>2)</sup>	0,010 <sup>2)</sup>
4. Ingestion von pflanzlichen Nahrungsmitteln	0,061	0,027	0,104	0,103	0,045	0,171	0,052	0,023	0,09
Gesamt	0,208	0,107	0,405	0,297	0,151	0,574	0,679	0,358	1,449

1) Bei der Berechnung der Dosiswerte ist der Beitrag der natürlicherweise vorhandenen Umweltradioaktivität nicht subtrahiert worden, d.h. die angegebenen Dosiswerte sind nicht allein auf Bergbaufolgen zurückzuführen.  
 2) Angaben geschätzt

**Tabelle ST-6**

Abschätzung der Strahlenexposition für Nutzer der Gartenanlage „Silberbachtal“ Schlema

- Ingestion pflanzlicher Nahrungsmittel unter realistischen Bedingungen nicht – wie oft befürchtet – den kritischen Pfad bei gärtnerischer Nutzung kontaminierter Flächen darstellt, vielmehr kann die Direktaufnahme von Bodenmaterial durch einjährige Kinder der bestimmende Expositionsprofil sein. Deshalb sollte immer sorgfältig geprüft werden, ob dieser Pfad tatsächlich realistisch ist und darauf Entscheidungen aufgebaut werden sollten.
- Bei standortspezifischen Prüfungen von ackerbaulich oder gärtnerisch genutzten Flächen mit einer spezifischen Aktivität des Bodens im Bereich > 0,2 Bq/g ist die Messung der spezifischen Aktivität in Pflanzenproben stets der Berechnung von Pflanzenaktivitätswerten aus Bodenproben vorzuziehen, da nur auf diese Weise realistische Dosisbeiträge über den Ingestionspfad angegeben werden können.
  - Diese standortbezogene Überprüfung einer durch mehrere bergbauliche Einflüsse geprägten Situation kann als beispielhaft für ähnliche Standorte angesehen werden, so daß im allgemeinen keine Bedenken gegen eine gärtnerische Nutzung von Böden bestehen, die eine geringfügig höhere Kontamination (bis ca. 0,5 Bq/g) aufweisen, als von der SSK für eine uneingeschränkte Nutzung angegeben. Dies gilt unter der Voraussetzung, daß der Trinkwasserpfad nicht berücksichtigt zu werden braucht.
- [1] Strahlenschutzgrundsätze für die Nutzung von durch den Uranerzbergbau kontaminierten Flächen zu forst- und landwirtschaftlichen Zwecken sowie als Grünanlage (Parkanlage) und Wohngebiet. Veröffentlichungen der SSK, Band 23 1992.
- [2] Wichterey, K., Sawallisch, S. Abschätzung der Strahlenexposition für Nutzer der Gartensparte „Silberbachtal“ in Schlema. Interner Bericht BfS-ST-1-05/1997.
- [3] Kümmel, M. Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität. Entwurf, Stand: 17.07.1997.
- [4] Grundsätze zur Bewertung der Strahlenexposition infolge von Radon-Emissionen aus bergbaulichen Hinterlassenschaften in den Uranerzbergbaugebieten Sachsens und Thüringens. Bekanntmachung einer Empfehlung der SSK vom 24. Juli 1995, Bundesanzeiger Nr. 158 vom 13. August 1995.

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Kurzberichte

#### **Ergebnisse der Messungen der Radonkonzentration bei der Umlagerung von Uranerzaufbereitungsrückständen (Tailings) im Sanierungsgebiet Dresden-Coschütz**

C. Dushe, M. Kümmel, H. Schulz\*

Sanierungsarbeiten an bergbaulichen Hinterlassenschaften wie Halden oder industriellen Absetzanlagen (IAA) sind häufig mit der Freilegung und Umlagerung von kontaminiertem Material verbunden und können somit zu einer Vergrößerung der Radonfreisetzung führen. Die dadurch bedingte Erhöhung der Strahlenexposition der mit den Sanierungsarbeiten Beschäftigten und möglicherweise auch eine Erhöhung der Strahlenexposition der Bevölkerung ist bereits bei der Planung von Sanierungsarbeiten zu berücksichtigen. Die dabei erforderliche Berechnung der zusätzlichen Strahlenexposition mit geeigneten Freisetzungs- und Ausbreitungsmodellen ist allerdings problematisch, da u. a. die durch die Arbeiten verursachte Radonfreisetzung nur schwer abgeschätzt werden kann.

Aus diesem Grund wurden an einem Sanierungsstandort (Ökologisches Großprojekt Dresden-Coschütz/Gittersee) experimentelle Untersuchungen zu den Auswirkungen der zusätzlichen Radonfreisetzung auf die Strahlenexposition im Arbeitsbereich sowie in dessen Umgebung durchgeführt. Aus den Ergebnissen sollten nach Möglichkeit Verallgemeinerungen für ähnliche Sanierungsvorhaben abgeleitet werden.

Zur Bearbeitung der Aufgabenstellung wurden die Radonkonzentrationen in der bodennahen Atmosphäre im Arbeitsbereich und in der Umgebung während der Umlagerung gemessen. Zeitgleich erfolgten im Arbeitsbereich und an mehreren Punkten im Nahbereich der bearbeiteten Flächen bei verschiedenen Witterungsbedingungen Messungen zur Bestimmung der kurzlebigen Radonzerfallsprodukte.

Während des gesamten Sanierungszeitraumes wurden meteorologische Daten für den Standort ermittelt.

#### **Sanierungsarbeiten im Bereich der IAA Dresden-Coschütz**

Im Rahmen der Sanierungsarbeiten am Standort der ehem. Uranerzaufbereitungsanlage Dresden-Coschütz erfolgte im Bereich einer IAA (Halde B) die Konzentration der über zahlreiche Flächen verteilten und überbauten Tailings. Dazu wurde eine Umlagerung der dort überwiegend schluffigen Tailings, die spezifische Ra-226-Aktivitäten zwischen 18,4 und 25 Bq/g aufweisen, erforderlich. Die teilweise auch vorhandenen sandigen Tailings besitzen dagegen spezifische Ra-226-Aktivitäten von nur ca. 5 Bq/g.

In der Fläche AA 10 wurden die Tailings freigelegt, ausgehoben und in die unmittelbar angrenzende Fläche II der Halde B eingebaut. Dabei wurde die Fläche AA 10 in neun Teilflächen von je 0,2 ha unterteilt, die nacheinander freigelegt und ausgehoben wurden. Mit dieser Vorgehensweise wurde erreicht, daß die freiliegende Tailingsfläche klein gegenüber der Gesamtfläche der AA 10 gehalten werden konnte. Mit dem Arbeitsablauf in der AA 10 vergrößerte sich auf der Halde B die Einbaufläche und somit die freiliegende Tailingsfläche kontinuierlich und erreichte nach Planvorgabe eine Größe von etwa 2 ha, da die endgültige Abdeckung erst nach Abschluß der Umlagerung durchgeführt werden konnte. Die Zwischenabdeckung dieser Tailingsfläche erfolgte nach Beendigung der Flächendeckontamination AA 10. Insgesamt erstreckten sich die mit der Umlagerung und der Verwahrung von 55.000 m<sup>3</sup> Tailings verbundenen Arbeiten über einen Zeitraum von Dezember 1996 bis September 1997.

#### **Kurzzeitmessungen im Arbeitsbereich**

An Werktagen wurden während der Sanierungsarbeiten an dem im Hinblick auf die Radonfreisetzung erwarteten Schwerpunkt in ca. 1 m über Grund die Radonkonzentration und der Gleichgewichtsfak-

tor ermittelt. Für den Zeitraum 09.01.1997 bis 29.08.1997 sind die Meßergebnisse dieser Tagesmessungen in den **Abbildungen ST-8** und **ST-9** dargestellt.

Der Mittelwert des Gleichgewichtsfaktors beträgt 0,1 und liegt damit deutlich unter den in der Literatur angegebenen mittleren Gleichgewichtsfaktoren für Außenluft von 0,4 bis 0,8. Es ist zu erwarten, daß in den Nachtstunden höhere Gleichgewichtsfaktoren auftreten, da es dann häufig zu stabileren Luftschichtungen kommt und sich unter Umständen eine Bodeninversion ausbilden kann, die eine Vertikalbewegung der Luft stark einschränkt und somit zu einer längeren Verweildauer des Radons in der unteren Luftschicht führt.

Der niedrige Mittelwert des Gleichgewichtsfaktors von 0,1 verdeutlicht die Notwendigkeit, für eine realistische Abschätzung der Exposition des Sanierungspersonals nur die während der Arbeitszeit tatsächlich auftretenden Gleichgewichtsfaktoren zu verwenden.

Die während der Arbeitszeit ermittelten Radonkonzentrationen ergeben einen Mittelwert von 35 Bq/m<sup>3</sup>, aus dem sich unter Berücksichtigung des mittleren Gleichgewichtsfaktors von 0,1 nur geringe Strahlenexpositionen für das Sanierungspersonal ergeben.

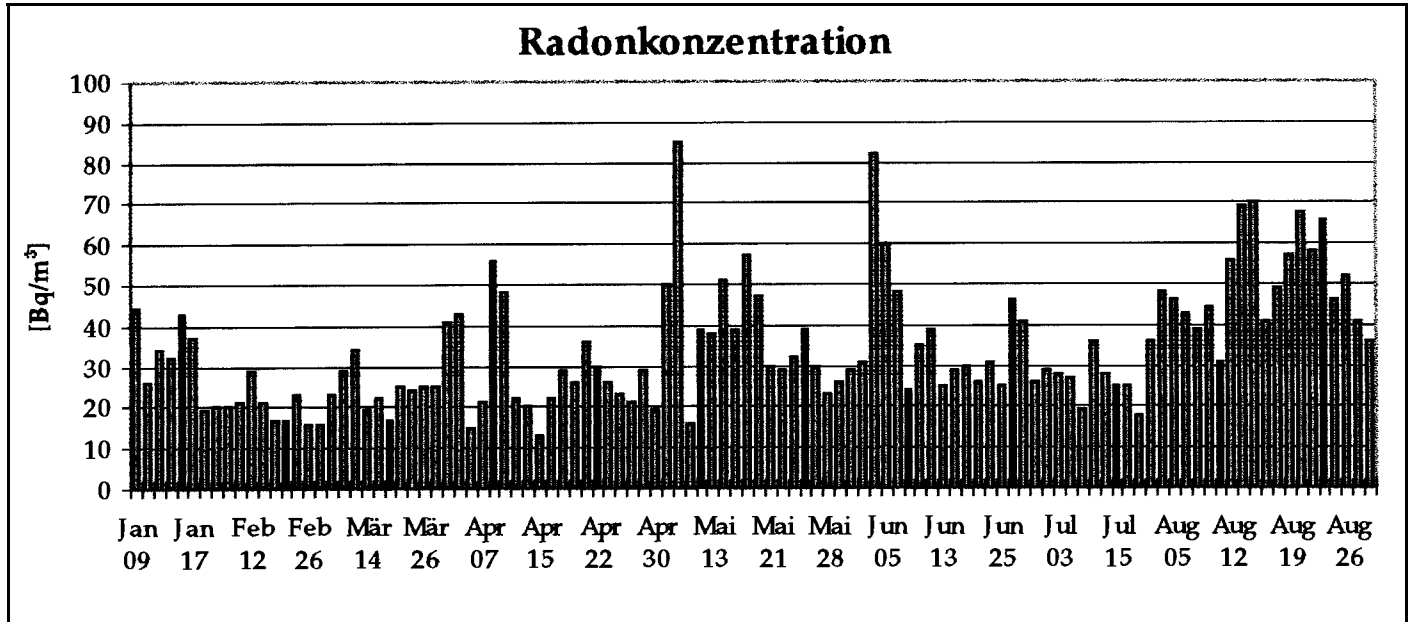
#### **Langzeitmessungen im Arbeitsbereich und in der Umgebung der bearbeiteten Flächen**

Um die Auswirkung der Materialumlagerung auf die Radonkonzentration in der Umgebung der bearbeiteten Flächen zu ermitteln, wurden passive Meßeinrichtungen eingesetzt. Dazu wurde ein aus 10 Punkten bestehendes Meßnetz unter Verwendung von Elektreten aufgebaut und alle vier Wochen ausgewertet. Fünf Meßorte befinden sich in einer Entfernung bis zu ca. 500 m um die bearbeiteten Flächen. Die restlichen Meßorte wurden in größerer Entfernung vom Emittenten unter Berücksichtigung der Hauptwindrichtung und der Wohnbebauung eingerichtet.

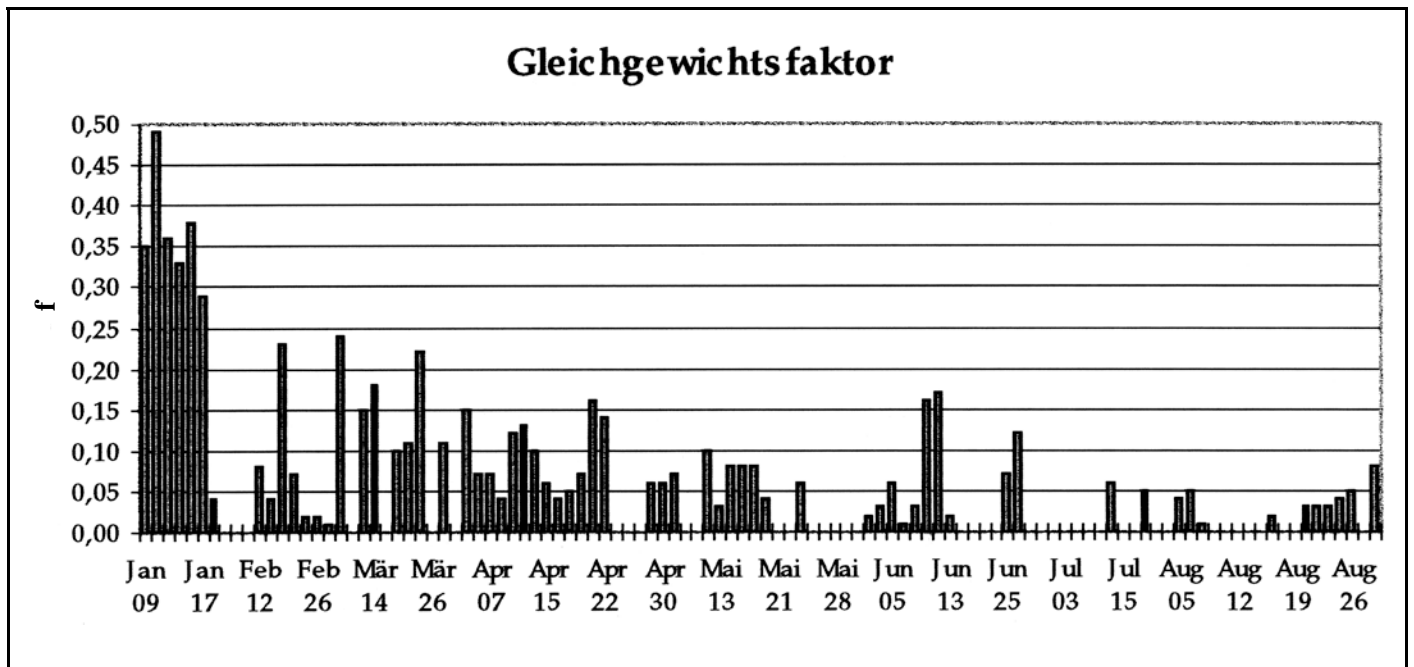
Aus den in **Tabelle ST-7** dargestellten Ergebnissen der Langzeitmessungen lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

\* IAF Radioökologie Dresden GmbH

**Fachbereich Strahlenschutz**  
*Wissenschaftliche Kurzberichte*



**Abbildung ST-8**  
 Tagesmessungen der Radonkonzentration auf der Sanierungsfläche



**Abbildung ST-9**  
 Tagesmessungen des Gleichgewichtsfaktors auf der Sanierungsfläche

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

Im weiteren Umfeld der bearbeiteten Flächen (Abstand > 500 m) kann keine Erhöhung der Radonkonzentration über den natürlichen örtlichen Pegel nachgewiesen werden.

Bei den im unmittelbaren Umfeld der bearbeiteten Flächen stationierten Radonmeßeinrichtungen ergaben nur die im Lee der Hauptwindrichtung befindlichen Meßpunkte (MP 1, 2 und 5) erhöhte Mittelwerte der Radonkonzentration. An den übrigen Meßpunkten im unmittelbaren Umfeld (MP 3 und 4) und erst recht an den Meßpunkten in den Wohngebieten (MP 6 bis 10) wurden nur Radonkonzentrationen im natürlichen Konzentrationsbereich festgestellt. Das bedeutet, daß die Umlagerungsarbeiten keine zusätzliche sanierungsbedingte Strahlenexposition der Bevölkerung verursacht haben.

Die an den MP 1, 2 und 5 ermittelten Radonkonzentrationswerte liegen oberhalb des mit Tagesmessungen bestimmten Mittelwertes von 35 Bq/m<sup>3</sup>. Wie im vorigen Abschnitt diskutiert, können auch dafür die nachts auftretenden Inversionen als Ursache angesehen werden.

Für die Sommermonate wurden Mittelwerte der Radonkonzentration bestimmt, die teilweise über den Mittelwerten der gesamten Sanierungsperiode liegen. Als eine Ursache dafür kann neben den bereits geschilderten Inversionen auch eine Erhöhung der Radonexhalation durch Konvektion angesehen werden. Bei einer Aufheizung der oberen Bodenschicht durch die Sonnenstrahlung entsteht bereits in den frühen Abendstunden mit dem Absinken der Lufttemperatur ein Wärmestrom vom Boden zur Atmosphäre, der eine Radonexhalation begünstigen kann. Zur Verdeutlichung dieses Prozesses wurden in **Abbildung ST-10** die über einen Zeitraum von knapp zwei Tagen bestimmten 10-Minuten-Mittelwerte der Radonkonzentration und der Lufttemperatur dargestellt. Deutlich ist eine Korrelation zwischen Temperatur und Radonkonzentration zu erkennen. Insbesondere der schnelle Anstieg der Radonkonzentration in den frühen Abendstunden kann nur schwer durch eine Vergrößerung der Stabilität in der unteren Luftschicht erklärt werden, da hier immer noch eine thermisch bedingte Turbulenz (Konvektion)

Meßpunkt-Nr.	Sanierungsgebiet (unmittelbares Umfeld)					Siedlungsgebiet (weiteres Umfeld)				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dez. 96 – Okt. 97	31	40	16	15	82	23	13	14	19	16
Sommer 97	38	45	17	18	168	30	16	16	23	20

**Tabelle ST-7**

Mittelwerte der mit Elektreten durchgeführten Langzeitmessungen der Radonkonzentration in der bodennahen Luft in Bq/m<sup>3</sup>

Meßpunkt-Nr.	RA 1	RA 2	RA 3	RA 6
10. 08. 96 – 02. 10. 96	80	125	85	_ 2)
09. 12. 96 – 27. 10. 97	150	_ 1)	50	50
1) Detektor zerstört 2) keine Messung				

**Tabelle ST-8**

Ergebnisse der mit Festkörperspurdetektoren durchgeführten Langzeitmessungen der Radonkonzentration in der bodennahen Luft in Bq/m<sup>3</sup>

vorhanden ist, die gewöhnlich ihr Maximum in den Nachmittagsstunden hat. Die dadurch bedingte indifferentere Schichtung der Atmosphäre bewirkt aber eine Verringerung der Radonkonzentration. So ist zu vermuten, daß durch die verstärkte Wärmeabgabe des Bodens während der Abend- und Nachtstunden es zu einer Erhöhung der Radonexhalation kommt, die hauptsächlich durch konvektive Prozesse verursacht wird. Außerhalb dieser Zeit ist die Wärmeabgabe des Bodens an die Atmosphäre weniger stark, so daß hier diffusive Prozesse bei der Radonfreisetzung dominieren. Für diese Interpretation spricht ebenfalls die Tatsache, daß der in **Abbildung ST-10** gezeigte Zusammenhang zwischen Radonkonzentration und Lufttemperatur in den Sommermonaten bei allen Messungen beobachtet wurde.

Zusätzlich zu den o. g. Messungen erfolgten außerdem Bestimmungen der Langzeit-Radonkonzentration mittels Festkörperspurdetektoren (Makrofol). Die Meßorte liegen sowohl in unmittelbarer Umgebung der bearbeiteten Flächen als auch in weiter entfernt gelegenen Wohngebieten. Letztere sind Bestandteil des Radonmeßnetzes des BfS und werden z. Zt. noch ausgewertet.

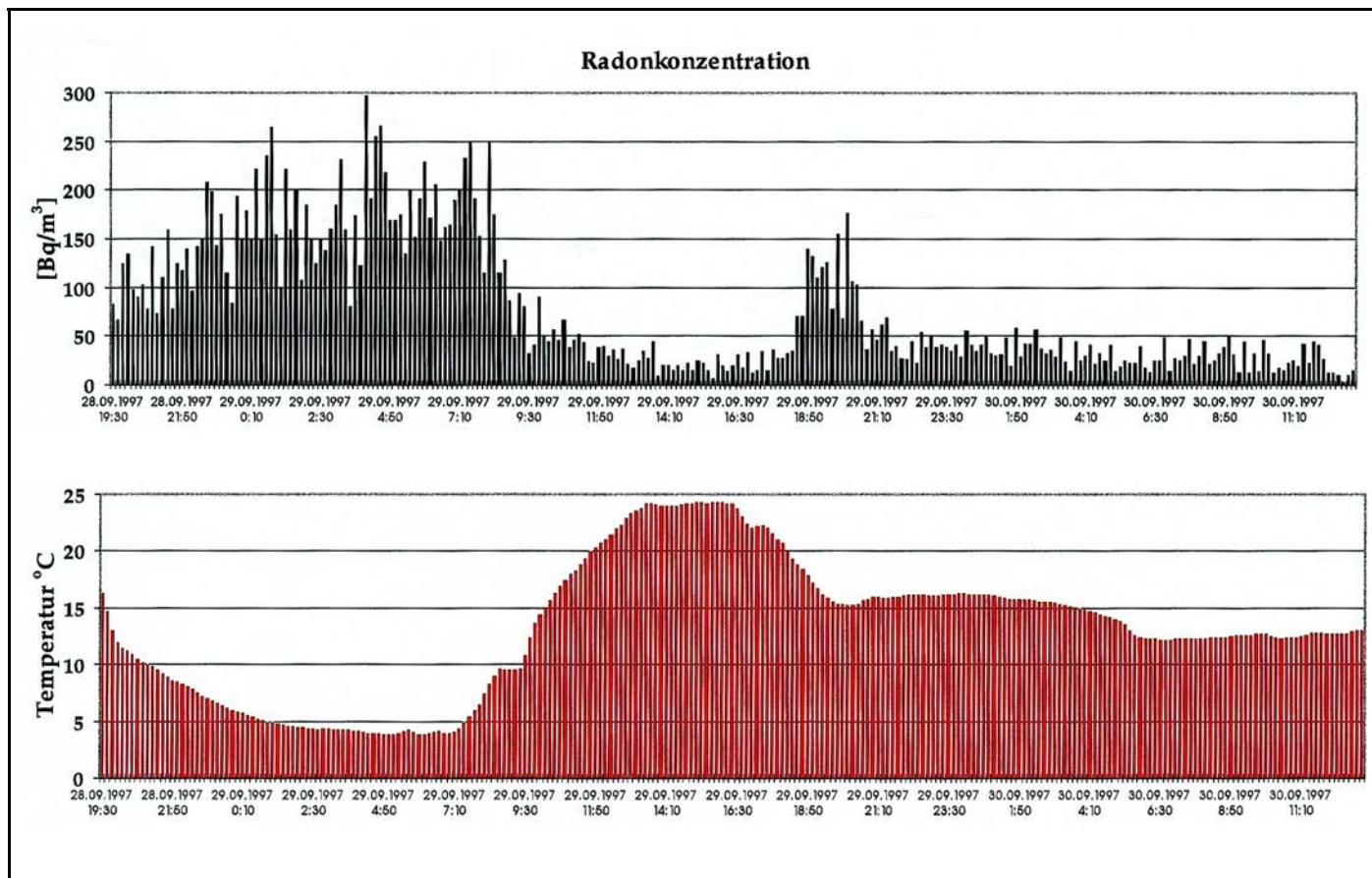
Die bisher vorliegenden Ergebnisse sind in **Tabelle ST-8** zusammengefaßt. Ein Vergleich mit den Elektret-Meßergebnissen (siehe **Tabelle ST-7**) ist nur bedingt möglich, da die Meßorte nicht identisch sind. Die Ergebnisse dieser Langzeitmessung zeigen auch hier höhere Werte im Lee der Hauptwindrichtung (RA 1), sowie außerhalb dieses Bereiches aber mit den Elektret-Messungen vergleichbare Werte (RA 3 und RA 6). Weiterhin wurde die Radonkonzentration auch für den Zeitraum vor der Sanierung ermittelt. Im Vergleich mit diesen Messungen vor Beginn der Umlagerung läßt sich nur am Meßort RA 1 eine geringe Erhöhung der Radonkonzentration für die Zeit während der Arbeiten ablesen.

### Zusammenfassung

- Eine Beeinflussung der Radonkonzentration in der Atmosphäre durch die Umlagerungsarbeiten konnte im weiteren Umfeld der Anlage nicht nachgewiesen werden. Das bedeutet, daß die Umlagerungsarbeiten keine zusätzliche sanierungsbedingte Radonexposition der Bevölkerung verursacht haben.

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte



**Abbildung ST-10**

Tag-/Nachtmessung der Radonkonzentration und der Lufttemperatur auf der Sanierungsfläche

- Im Vergleich zu den Messungen während der Arbeitszeit (Tagesmessungen) liefern Langzeitmessungen höhere Werte der Radonkonzentration. Zur Abschätzung einer realistischen effektiven Dosis des Sanierungspersonals durch Radoninhalation sind deshalb während der Arbeitszeit ermittelte Meßergebnisse zu verwenden. Aus den Tagesmessungen der Radonkonzentration und des Gleichgewichtsfaktors während der Sanierungsarbeiten resultieren für das Sanierungspersonal nur geringe Expositionen durch Radonzerfallsprodukte.
- Tagesmessungen der Radonkonzentration auf der Sanierungsfläche ergaben nur geringfügig über dem natürlichen örtlichen Pegel liegende Werte.
- In der Sommerperiode ermittelte Radonkonzentrationen sind gegenüber

den Jahresmittelwerten leicht erhöht. Diese Erhöhung kann nur durch ein verstärktes Auftreten konvektiver Prozesse bei der Radonexhalation erklärt werden. Bei den Ausbreitungsrechnungen für Radon ist die starke Temperaturabhängigkeit der Exhalationsrate (großer Tag-/Nacht-Effekt) zu berücksichtigen.

---

### **Gammaspektrometrische Bestimmung von Radium-226 und Radium-228 in Wasser**

---

*U.-K. Schkade,  
M. Beyermann, M. Naumann*

Neben Ra-226 ist auch das natürliche Radiumisotop Ra-228 im Rahmen der Richt-

linie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI Bergbau) [1] in Trink- und Grundwässern bzw. in Abwässern zu bestimmen. Während empfindliche Bestimmungsverfahren für Ra-226 seit langem eingesetzt werden, stand für die Bestimmung von Ra-228 nur eine relativ unempfindliche Methode zur Verfügung [2]. Die geforderte Nachweisgrenze für Ra-228 in der REI Bergbau beträgt 40 mBq/l. Durch radiochemische Anreicherung läßt sich die Nachweisgrenze mit einer gammaspektrometrischen Messung mit geringem Aufwand erreichen.

#### **Prinzip der Methode**

Die Methode beruht auf der Mitfällung von Radium an Blei- und Bariumsulfat und der anschließenden gammaspektrometri-

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Kurzberichte

schen Messung des Niederschlags. Dabei kann der Niederschlag entweder gelöst und die Lösung mit einem Reinstgermanium-Detektor in Bohrlochausführung oder nach gleichmäßiger Abscheidung auf einem Filter mit einem herkömmlichen Germanium-Detektor gemessen werden.

Da Ra-228 über sein Tochternuklid Ac-228 bestimmt wird, sollte die Meßprobe erst nach einer Wartezeit von ca. 30 Stunden nach der radiochemischen Aufarbeitung gemessen werden, um sicherzustellen, daß radioaktives Gleichgewicht vorliegt.

Folgende Bearbeitungsschritte werden vorgenommen:

Drei Liter der Wasserprobe werden auf ca. 500 ml eingengt. Nach Zugabe von Zitronensäurelösung und Methylrotlösung wird bis zum Umschlag des Indikators nach gelb mit Ammoniak-Lösung versetzt. Danach werden Pb-Träger und Ba-Träger hinzugegeben. Aus der siedenden Lösung werden die Sulfate mit Schwefelsäure gefällt. Der Niederschlag wird nach etwa 12 Stunden durch Zentrifugieren abgetrennt und für die Bohrlochmessung in Na<sub>5</sub>-DTPA-Lösung gelöst.

Für die Messung mit einem Germanium-Detektor wird der Niederschlag nicht zentrifugiert, sondern durch Filtrieren abgetrennt.

#### Messung der Aktivität

Für die Messung werden Reinstgermanium-Detektoren verwendet, deren relative Ansprechwahrscheinlichkeiten (bezogen auf einen 3" x 3" Na(Tl)-Kristall) zwischen 20 % und 60 % und deren Halbwertsbreite < 2,0 keV bezogen auf die 1332-keV-Gammalinie des Co-60 betragen. Die Abschirmungen der Detektoren bestehen aus strahlungsarmen Bleikammern mit 10 cm Wandstärke. Zwischen Bleiabschirmung und Detektoren befindet sich Kupferblech zur Unterdrückung der Bleiröntgenstrahlung bei 75 keV und 85 keV und zusätzlich Plexiglas. Die Impulshöhenanalyse wird mit Vielkanalanalysatoren durchgeführt, die mit mindestens 4096 Kanälen ausgestattet sind. Die Auswertung der Gamma-Spektren und Berechnung der Ergebnisse

erfolgt mit Hilfe rechnergestützter Meß- und Auswerteeinrichtungen auf PC-Basis.

Mit einem Probenvolumen von 3 Litern, einer Meßzeit von 56 Stunden und der relativen Ansprechwahrscheinlichkeit eines Reinstgermanium-Detektors in Bohrlochausführung von 38 % wurde für Ra-228 eine Nachweisgrenze von 10 mBq/l und für Ra-226 eine von 30 mBq/l erreicht [3].

- [1] Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI-Bergbau), in der Fassung vom 11.08.1997.
- [2] Beyermann, M.; Höfs, B. Parallelbestimmung von Ra-224, Ra-226 und Ra-228. BfS-Jahresbericht 1993, S. 145-146.
- [3] Schkade, U.-K.; Beyermann, M. Gammaskopimetrische Bestimmung von Radium-226 und Ra-228 in Wasser – vorläufige Meßanleitung zur REI-Bergbau, interner BfS-Bericht ST 2-25/1997, März 1997.

#### Bestimmung von Ac-227 in Wasserproben

M. Beyermann, B. Höfs

Das mit einer Halbwertszeit von 21,8 Jahren hochradiotoxische Nuklid Ac-227 ist ein Glied der U-235-Zerfallsreihe. Der Grenzwert der Jahresaktivitätszufuhr ist außerordentlich niedrig. Der Nachweis von Ac-227 in natürlichen Wässern ist analytisch schwierig, da die auftretenden Aktivitätskonzentrationen meist sehr niedrig sind (< 0,1 Bq/l), die  $\beta$ -Maximalenergie nur 45 keV beträgt und die  $\beta$ -Messung leicht durch andere natürliche Radionuklide mit höheren  $\beta$ -Maximalenergien sowie höheren Aktivitäten gestört wird. Im Rahmen der Meßprogramme zum Projekt „Altlastenkataster“ wurden von den Unterauftragnehmern zahlreiche natürliche Wässer mit unterschiedlichen Verfahren auf ihren Gehalt an Ac-227 untersucht. Die geforderte Nachweisgrenze betrug 0,04 Bq/l. Das BfS führte zur Qualitätsüberwachung der Radionuklidbestimmungen im Altlastenkataster

Vergleichsmessungen an ausgewählten Wasserproben durch.

#### Radiochemisches Verfahren zur Ac-227-Bestimmung

Die im BfS angewandte Methode (nach [1]) beruht auf der Anreicherung von Actinium durch Mitfällung an Bariumsulfat. Aus einer wäßrigen Diethylentriaminpentaessigsäure (DTPA)-Lösung wird Actinium mit Di-(2-ethylhexyl) phosphorsäure (HDEHP) in Heptan extrahiert. Die gesamte organische Phase wird anschließend in einem Flüssigszintillationsspektrometer gemessen. Das Verfahren [2] ist schematisch in **Abbildung ST-11** dargestellt.

Bei der Aktivitätsbestimmung von Ac-227 muß beachtet werden, daß unmittelbar nach der Herstellung der Meßprobe neben der  $\beta$ -Strahlung des Ac-227 auch die des Ac-228 (Nuklid der Thorium-Zerfallsreihe mit einer Halbwertszeit von 6,13 Stunden) auftreten kann. Darüber hinaus wachsen nach einigen Tagen die  $\alpha$ -Strahler Th-227, Ra-223, Rn-219 und Bi-211 als Tochternuklide des Ac-227 nach. Die Aktivitätsbestimmung von Ac-227 erfordert deshalb folgende Meßstrategie:

- Messung der  $\beta$ -Strahlung des Ac-227 und Ac-228 mit einem Flüssigkeitsszintillationsspektrometer unmittelbar nach Herstellung der Meßprobe (orientierende Messung),
- zweite  $\beta$ -Messung nach ein bis zwei Tagen, so daß nach dem Abklingen des Ac-228 nur noch die  $\beta$ -Strahlung des Ac-227 gemessen wird,
- Messung der  $\alpha$ -Strahlung der nachgewachsenen Tochternuklide nach 10 bis 30 Tagen mit hoher Meßeffectivität.

Anhand der Impulshöhenverteilungen (**siehe Abbildung ST-12**) werden die Meßbereiche für die niederenergetische  $\beta$ -Strahlung des Ac-227 (z. B. 0 – 30 keV), für die  $\beta$ -Strahlung des Ac-228 (z. B. 30 – 1000 keV) und für die  $\alpha$ -Strahlung der nachgewachsenen Folgenuklide des Ac-227 (z. B. 100 – 500 keV) festgelegt.

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

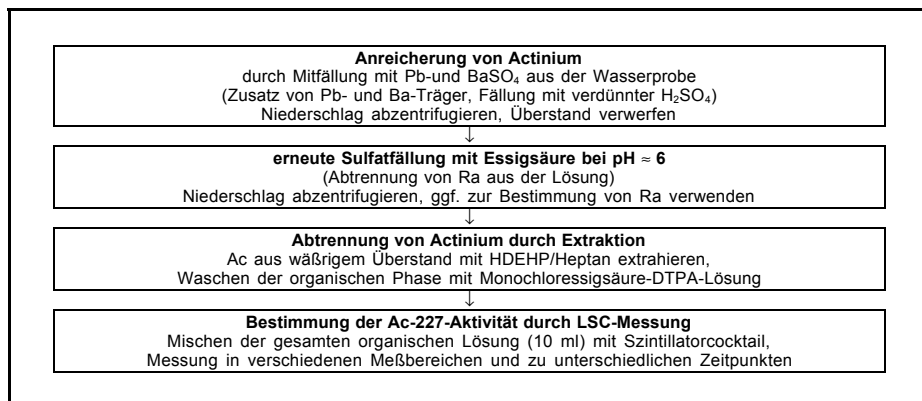
### Ergebnisse

Mit dem beschriebenen Verfahren werden bei einem Ausgangsvolumen von einem Liter, einer Meßzeit von 100 Minuten und üblichen Nulleffekten im  $\beta$ - bzw.  $\alpha$ -Meßbereich von  $0,3 \text{ s}^{-1}$  bzw.  $0,025 \text{ s}^{-1}$  folgende Nachweisgrenzen erreicht:  $0,1 \text{ Bq/l}$  bei der Messung der  $\beta$ -Strahlung des Ac-227 und  $0,02 \text{ Bq/l}$  bei der Messung der  $\beta$ -Strahlung der Tochternuklide Th-227, Ra-223, Rn-219 und Bi-211.

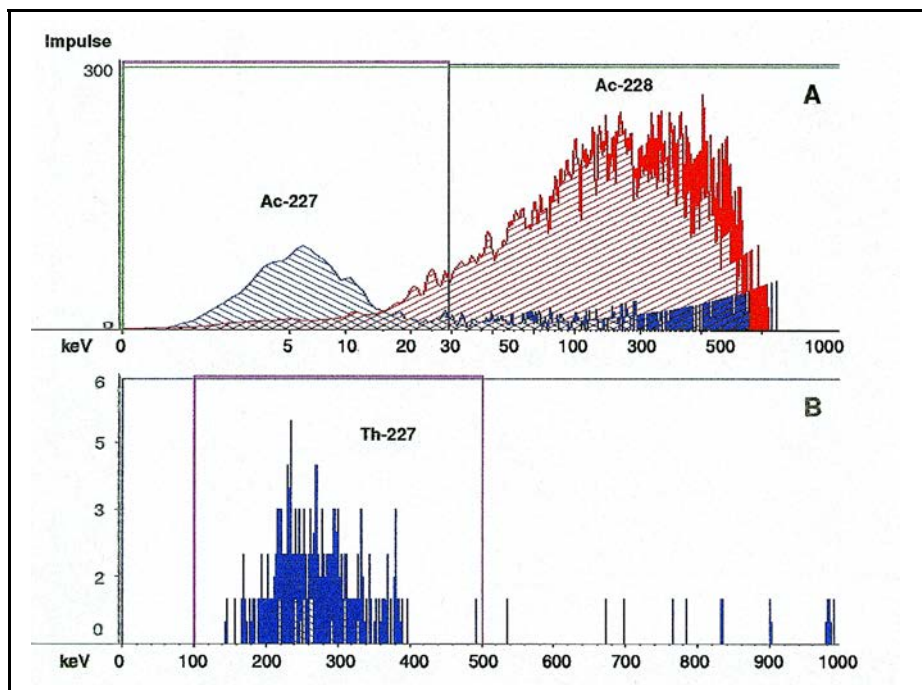
Die Parallelmessungen im Rahmen der Qualitätsüberwachung zum Atlastenkataster ergaben mit einer Ausnahme (in diesem Fall mußte der Unterauftragnehmer das eingesetzte Verfahren auf seine Verlässlichkeit überprüfen und die entsprechenden Analysendaten korrigieren) vergleichbare Ergebnisse, wobei nur sehr selten Ac-227-Aktivitätskonzentrationen oberhalb der Nachweisgrenzen ermittelt wurden.

[1] Percival, D.R, Martin D. B. Sequential Determination of Radium-226, Radium-228, Ac-227 and Thorium Isotopes in Environmental and Process Waste Samples Analytical Chemistry 46 (12), 1742-1749 (1974).

[2] Beyermann, M.; Höfs, B. Bestimmung von Ac-227 in Wasserproben Interner BfS-Bericht ST 2-24/1997.



**Abbildung ST-11**  
Schematische Darstellung des Verfahrens zur Ac-227-Bestimmung



**Abbildung ST-12**  
Impulshöhenverteilung einer Ac-227-Meßprobe  
A: 30 Minuten nach Herstellung der Meßprobe  
B: 10 Tage nach der radiochemischen Abtrennung von Actinium aus einer Wasserprobe

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Vierte Vergleichsanalyse „Wasser 1997“

M. Hartmann, M. Naumann, H. Schönherr

Im Berichtszeitraum wurden im Rahmen der Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten in den neuen Bundesländern die Maßnahmen zur Qualitätsüberwachung der Analysenlabore mit der Durchführung der vierten Vergleichsanalyse „Wasser 1997“ [1] fortgesetzt. Die Vorbereitung und Durchführung erfolgte gemeinsam mit dem Fachgebiet ST 2.4 (Leitstelle für die Überwachung der Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen).

Als Proben dienten ein Modellwasser, das aus einer Uran/Ra-226-Standardlösung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt hergestellt wurde, sowie eine reale Wasserprobe aus einem Stollen im Erzgebirge. Die Aktivitätskonzentrationen von Ra-226, U-238, U-235 und U-234 sollten vorzugsweise radiochemisch bestimmt werden, außerdem war die Urankonzentration zu bestimmen. In der Realwasserprobe konnten außerdem Ra-228, Pb-210, Po-210 und die Thorium-Isotope bzw. Thorium bestimmt werden.

An der Vergleichsanalyse nahmen insgesamt 21 Laboratorien aus folgenden Bereichen teil:

- zwei Bundesbehörden,
- vier Landesmeßstellen,
- sieben Wirtschaftsunternehmen,
- eine Universität,
- eine Fachhochschule,
- sechs Institute, davon fünf ausländische.

Jeder Teilnehmer erhielt 1 Liter Modellwasser und 5 Liter Realwasser, wobei für die Radionuklide bzw. Elemente jeweils zwei Einzelbestimmungen durchzuführen waren.

**Tabelle ST-9** zeigt für das Modellwasser die aus den Ergebnissen der Teilnehmer berechneten Aktivitätskonzentrationen für

Radionuklid bzw. Element	Sollert in Bq/l bzw. µg/l	Gesamtmittelwert in Bq/l bzw. µg/l	Relative Vergleichsstandardabweichung in %	Relative Wiederholstandardabweichung in %
U-238	0,127	0,124	8,6	4,6
U-234	0,127	0,127	15,1	10,1
U-235	0,00587	0,006	42,6	16,9
Ra-226	0,28	0,267	18,1	6,8
Uranium	10,3	10,5	9,4	3,9

**Tabelle ST-9**

Ermittelter Gehalt des Modellwassers an Radionukliden bzw. von Uran im Vergleich mit dem jeweiligen Sollwert

Radionuklid bzw. Element	Gesamtmittelwert in Bq/l bzw µg/l	Relative Vergleichsstandardabweichung in %	Relative Wiederholstandardabweichung in %
U-238	0,131	9,7	6,8
U-234	0,188	14,1	5,4
U-235	0,007	22,8	12,6
Th-232	0,006	36,8	18
Th-228	0,073	27,5	9,7
Th-230	0,015	48	14,6
Ra-226	0,183	16,4	7,2
Ra-228	0,242	7,5	5,4
Pb-210	0,2	22,2	7,7
Po-210	0,116	29,3	10,9
Uranium	10,8	7,2	2,6
Thorium	0,82	17,1	4,8

**Tabelle ST-10**

Ermittelter Gehalt des Realwassers an Radionukliden bzw. Elementen.

die einzelnen Radionuklide bzw. ermittelte Urankonzentration als Gesamtmittelwerte mit der jeweiligen relativen Vergleichs- und Wiederholstandardabweichung sowie im Vergleich dazu die Sollwerte. Die in **Tabelle ST-10** dargestellten Ergebnisse für das Realwasser zeigen, daß außer dem Paar U-234/Ra-226 keine weiteren Radionuklide in Gleichgewichtskonzentrationen vorliegen.

Die Auswertung dieser Vergleichsanalyse erfolgte auf der Grundlage der DIN 38 402, Teil 42 [2] und führte zu ähnlichen Ergebnissen bezüglich der verwertbaren Labor-mittelwerte wie die zweite Vergleichsanalyse „Pflanzenasche 1994“ [3]. Es sind deutliche Unterschiede im Leistungsvermögen der Labore bei der Bestimmung einzelner Radionuklide erkennbar. Nach wie vor liegen für Pb-210 neben Po-210, Ra-228 und Thorium die geringsten Anteile an verwertbaren Ergebnissen vor. Nur

etwa die Hälfte der Teilnehmer lieferte verwertbare Ergebnisse für Uranium und die Uran-Isotope im Modellwasser. Eine wesentliche Verbesserung wurde für Ra-226 mit 67 % an verwertbaren Ergebnissen (Modellwasser) bzw. mit 71 % an verwertbaren (Realwasser) im Vergleich zu 39 % bei der zweiten Vergleichsanalyse erzielt.

Die beteiligten Landesmeßstellen sowie die Unterauftragnehmer zum Altlastenkataster haben mit ihren Ergebnissen für die relevanten Radionuklide die Anforderungen weitestgehend erfüllt.

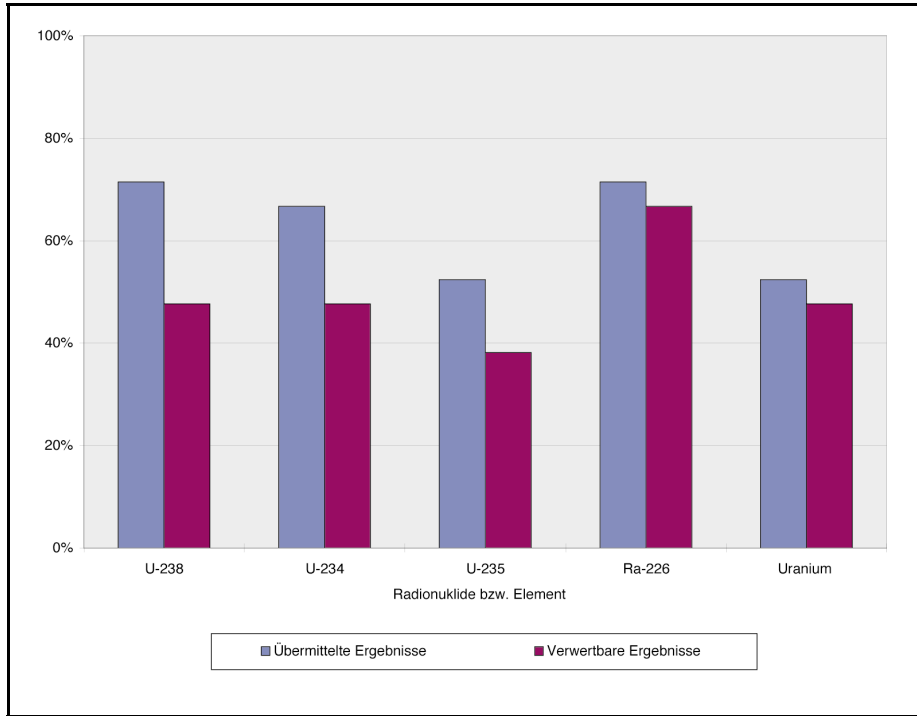
Eine detaillierte Auswertung für das Modell- und Realwasser ist in den **Abbildungen ST-13 und ST-14** dargestellt.

[1] Hartmann, M; Naumann, M.; Schönherr, H.  
Radiochemische Bestimmung von Ra-226 und Uran im Wasser, 4. Ver-



# Fachbereich Strahlenschutz

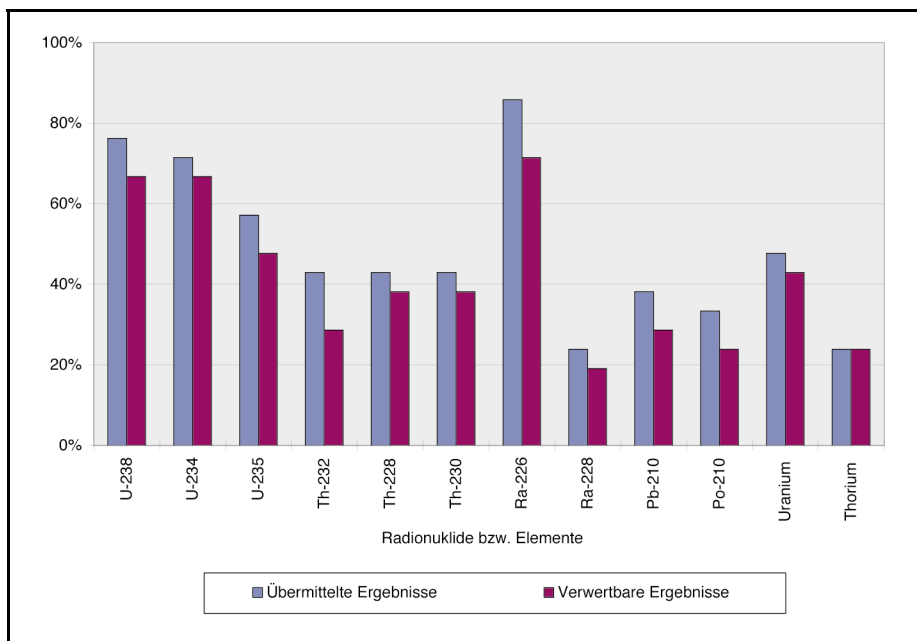
## Wissenschaftliche Kurzberichte



- gleichsanalyse „Wasser 1997“. Interner Bericht in Vorbereitung.
- [2] DIN 38 402, Teil 42 Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Allgemeine Angaben (Gruppe A) Ringversuche, Auswertung, Mai 1984.
- [3] Hartmann, M; Naumann; M. Radiochemisch-analytische Bestimmung des Gehalts an natürlichen Radionukliden in Pflanzenasche 2. Vergleichsanalyse „Pflanzenasche 1994“ Interner Bericht ST 2-18/1995, März 1995.

**Abbildung ST-13**

Prozentsätze der von 21 Teilnehmern übermittelten bzw. verwertbaren Labormittelwerte für die einzelnen Radionuklide bzw. Uran für das Modellwasser



**Abbildung ST-14**

Prozentsätze der von 21 Teilnehmern übermittelten bzw. verwertbaren Labormittelwerte für die einzelnen Radionuklide bzw. Elemente für das Realwasser

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Bestimmung von Fe-55 und Ni-63 im Abwasser kerntechnischer Anlagen mit extraktionschromatographischen Verfahren

M. Beyermann, D. Obrikat, P. Radke

Nach KTA 1504 [1] sind die Fe-55- und Ni-63-Aktivitätskonzentrationen in Jahresmischproben von Abwässern aus Kernkraftwerken zu bestimmen. Die geforderten Nachweisgrenzen für beide Radionuklide betragen jeweils  $2 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$ . Bei ca. 50 % der deutschen Kernkraftwerke wird diese Konzentration überschritten, wobei Maximalwerte bis zu  $50 \text{ Bq/l}$  auftreten. Fe-55 und Ni-63 sind Aktivierungsprodukte mit Halbwertszeiten von 2,7 Jahren bzw. 100 Jahren, die unter Emission von niederenergetischer Röntgenstrahlung ( $K_{\alpha}$ : 5,9 keV und  $K_{\beta}$ : 6,5 keV) bzw. niederenergetischer  $\beta$ -Strahlung (max.  $\beta$ -Energie: 63 keV) in stabile Kerne übergehen. Beide Radionuklide werden nach radiochemischer Trennung mittels Flüssigszintillationspektrometrie bestimmt. Eine  $\gamma$ -spektrometrische Bestimmung von Fe-55 ist nur mit unzureichender Nachweisgrenze möglich. Ni-63 kann auf Grund fehlender  $\gamma$ -Linien nicht  $\gamma$ -spektrometrisch bestimmt werden.

Die vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit herausgegebenen Meßanleitungen [2] zur Bestimmung von Fe-55 bzw. Ni-63 beschreiben zeit- und arbeitsaufwendige Verfahren, die nur von wenigen Laboren beherrscht werden. Deshalb wurde eine neue Methode erarbeitet, deren Anwendung im Vergleich zu den klassischen chemischen Verfahren mit einem weitaus geringeren Arbeitsaufwand und mit erheblich reduziertem Chemikalienverbrauch verbunden ist.

#### Prinzip der Methode

Das Verfahren beinhaltet die aufeinanderfolgende extraktionschromatographische Trennung von Fe-55 und Ni-63 von anderen im Abwasser enthaltenen Radionukliden. Das Prinzip der Extraktionschromatographie besteht in der Kombination von

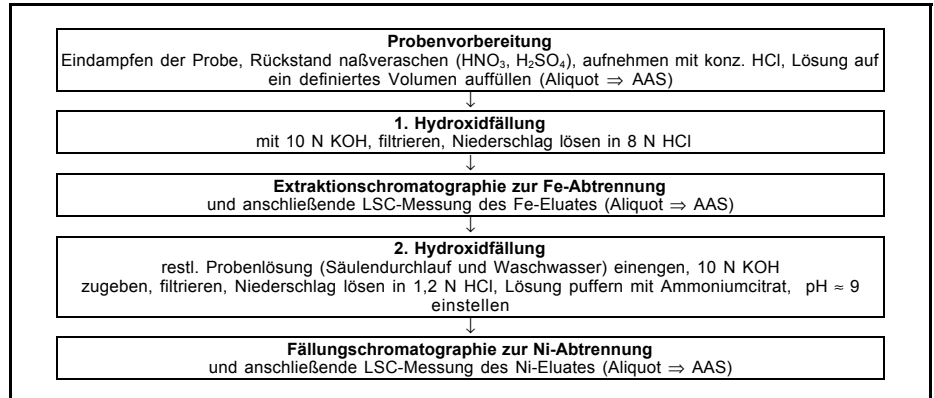


Abbildung ST-15

Schema des radiochemischen Trennverfahrens zur Fe-55- und Ni-63-Bestimmung

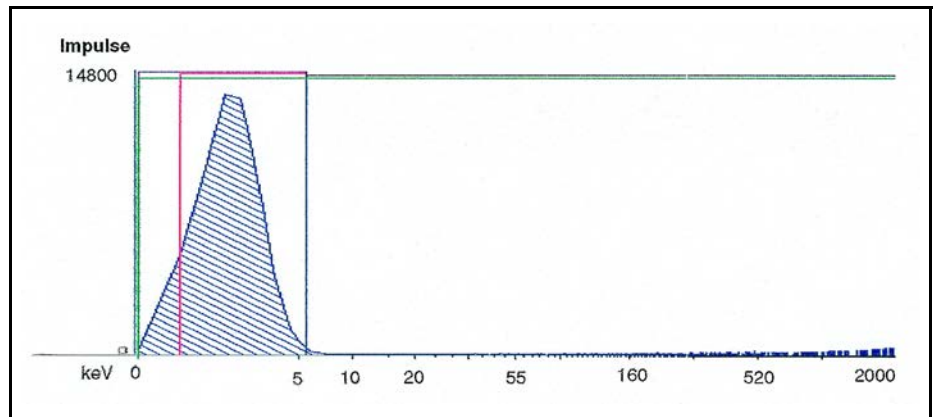


Abbildung ST-16

Impulshöhenverteilung einer Fe-55-Meßprobe (Meßbereich 0–6 keV)

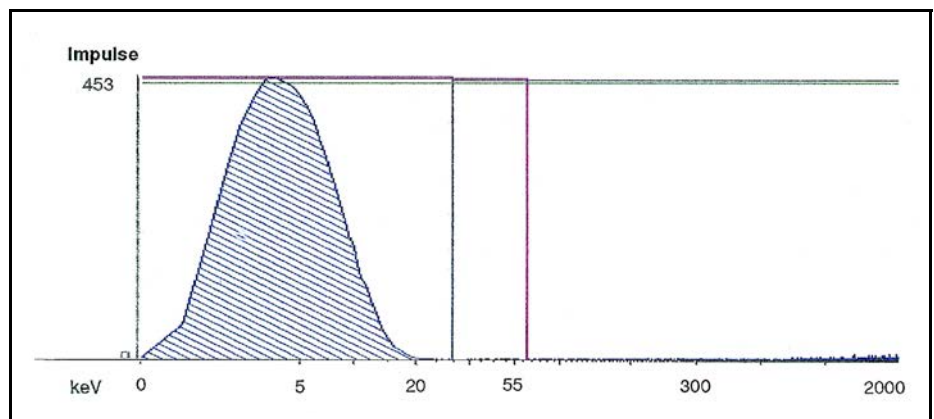


Abbildung ST-17

Impulshöhenverteilung einer Ni-63-Meßprobe (Meßbereich 0–30 keV)

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Kurzberichte

Flüssig-flüssig-Extraktion und Säulenchromatographie in einem Arbeitsgang. Ein stabiler, inerter Träger, an dem ein spezifisches organisches Extraktionsmittel gebunden ist, bildet die stationäre Phase. Die wäßrige Probenlösung wird als mobile Phase über die Säule gegeben; dabei wird das zu bestimmende Metallion in Form eines Komplexes auf der Säule zurückgehalten und anschließend (nach dem Auswaschen störender Ionen) mit einem geeigneten Lösungsmittel wieder eluiert. Der Trennungsgang ist in **Abbildung ST-15** schematisch dargestellt.

Für die Abtrennung von Fe-55 wird ein mit Octyl(phenyl)-N, N-di-isobutyl-carbamoyl-methyl-phosphinoxid in Tri-n-butylphosphat (CMPO/TBP) beladener Träger (Handelsname TRU-Resin, Fa. Eichrom) verwendet, der tetraedrisch koordinierte Chlorokomplex des  $\text{Fe}^{3+}$ -Ions ( $[\text{FeCl}_4]^-$ ) läßt sich in die organische Phase extrahieren. Für die anschließende Abtrennung von Ni-63 aus der restlichen Probenlösung wird ein mit Butandioxim-(2,3) beladener Träger (Handelsname Ni-Resin, Fa. Eichrom) eingesetzt, wobei  $\text{Ni}^{2+}$  als Dioxim-Komplex auf der Säule zurückgehalten wird.

Die chemischen Ausbeuten der Fe- und Ni-Abtrennung werden durch Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) und die Aktivitäten von Fe-55 sowie Ni-63 durch Flüssigszintillationsmessung (LSC) bestimmt. Entsprechende Impulshöhenverteilungen

sind in den **Abbildungen ST-16 und ST-17** dargestellt.

Am Beispiel einer Jahresmischprobe wurde das Verfahren hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der Analyseergebnisse untersucht. Dazu bestimmten jeweils vier Mitarbeiter an dieser Probe die Fe-55- und Ni-63-Aktivitätskonzentrationen. Die Standardabweichungen betragen 2 bzw. 9 % und die Differenzen der Maximal- und Minimalwerte lagen bei 4 bzw. 21 % des Mittelwertes.

#### Ergebnisse

Im Rahmen der Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken wurden 16 Abwassermischproben aus dem Jahr 1996 nach dem beschriebenen Verfahren [3] untersucht. Die chemischen Ausbeuten der Fe- und der Ni-Abtrennung betragen im Durchschnitt 80 bis 90 %. Bei Fe-55 lagen 8 und bei Ni-63 3 Aktivitätskonzentrationen oberhalb von 1 Bq/l. Der erstmalig durchgeführte Vergleich von BfS- mit Betreibermeßergebnissen ergab bei 29 von 32 Wertepaaren miteinander vergleichbare Aktivitätskonzentrationen. Die in drei Fällen aufgetretenen größeren Abweichungen sind vermutlich überwiegend auf Probleme bei der Herstellung von repräsentativen Jahresmischproben zurückzuführen. Da sich die Elemente Eisen und

Nickel an Schwebstoffe des Abwassers anlagern, führt die Sedimentation dieser Partikel während der längeren Lagerung der Teilproben zu Inhomogenitäten der Fe-55- und Ni-63-Aktivitätskonzentrationen und damit zu erheblichen Schwierigkeiten bei der Herstellung von repräsentativen Jahresmischproben. Wie Vergleichsuntersuchungen mit anderen Laboratorien zeigten, ist der Einfluß der Analysefehler auf die Höhe der aufgetretenen Abweichungen demgegenüber zu vernachlässigen.

- [1] Sicherheitstechnische Regel des KTA (Kerntechnischer Ausschuß) KTA 1504: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser Carl Heymanns Verlag, Köln 1994.
- [2] Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit H-Fe-55-AWASS-01-07 und H-Ni-63-AWASS-01-08  
In: Meßanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und zur Erfassung radioaktiver Emissionen aus kerntechnischen Anlagen Gustav Fischer Verlag 1992.
- [3] Beyermann, M; Obrikat, D.; Radke, P. Bestimmung von Fe-55 und Ni-63 im Abwasser mit extraktionschromatographischen Verfahren Interner BfS-Bericht ST2-42/1997.

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Ringversuch zur Bestimmung der spezifischen Aktivität künstlicher und natürlicher Radionuklide in Klärschlamm aus dem Jahre 1986

Th. Bünger, H. Rühle

Die Durchführung von Vergleichsmessungen und Vergleichsanalysen für die amtlichen Meßstellen der Länder gehört nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) zu den Aufgaben von Bundesinstitutionen. Darüber hinaus ist die Teilnahme der Radioaktivitäts-Meßstellen an Ringversuchen Bestandteil der Qualitätskontrolle, die auch in der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) gefordert wird.

Im Vollzug dieser Aufgaben werden u. a. von der Leitstelle zur Überwachung der Umweltradioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen im Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) im jährlichen Turnus für die amtlichen Meßstellen der Länder jeweils Ringversuche zur Bestimmung von Radionukliden in Wasserproben durchgeführt. Im Jahr 1996 – 10 Jahre nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl – hat die Leitstelle einen zusätzlichen Ringversuch mit einem Original-Klärschlamm eines Berliner Klärwerks durchgeführt, der unmittelbar nach dem Reaktorunfall Anfang Mai 1986 durch starke Niederschläge im Einzugsgebiet der Kläranlage beaufschlagt und seitdem tiefgekühlt aufbewahrt worden war.

#### Technische Vorbereitung und Durchführung des Ringversuchs

Der untersuchte Klärschlamm wurde am 23. Mai 1986 im Klärwerk Berlin-Marienfelde entnommen, in ca. 1-kg-Portionen aufgeteilt und unverzüglich eingefroren. Es handelte sich um einen autoklavierten, teilentwässerten Klärschlamm („Zentrifugenkuchen“) mit einem Feststoffgehalt von etwa 30 %.

Nuklid	Anzahl der ausreißerfreien Laboratorien N	Gesamtmittelwert $\bar{X}$	Streubereich T	Meßwert der PTB $X_{PTB}$	Meßwert des BfS *) (Mittelwert) $\bar{X}_{BfS}$
K-40	52	76,7	18,0	76,8±3,0	68,8
Sr-90	33	20,4	13,9		19,3
Sb-125	50	9,86	2,26	10,0±0,5	9,5
Cs-134	53	9,63	2,06	10,6±0,5	9,1
Cs-137	53	421	85,4	415±17	408
Pb-210	15	19,9	6,44	21,7±3,3	22,5
Ra-226	88	10,7	9,66	19,8±2,8	21,6
Ra-228 ( $\cong$ Ac-228)	42	8,65	2,30	9,64±0,48	9,4
Th-228	29	11,2	6,36	11,1±0,55	11,8
Th-232	13	8,01	7,36		4,2
U-234	19	9,42	2,48	10,6±0,5	10,0
U-235	23	0,798	1,31	0,478±0,030	0,38
U-238	30	9,19	3,66	9,6±0,5	10,7
Ges.- $\alpha$	13	138	113		175
*) Arithmetischer Mittelwert der beteiligten BfS-Laboratorien; Fachgebiete: ST 2.2, ST 2.3 und ST 2.4					

**Tabelle ST-11**

Übersicht über die wichtigsten Kenndaten bei der Auswertung des Ringversuchs; Angaben spezifischer Aktivitäten in Bq/kg TM

Zur Durchführung des Ringversuchs wurden ca. 75 kg des Klärschlamm portionsweise bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der getrocknete Schlamm wurde über mehrere Stufen zu einem staubfeinen Produkt vermahlen und homogenisiert. Der Schlamm wurde auf 59 Proben zu jeweils etwa 370 g aufgeteilt. Zur Aufbewahrung und zum Versand an die Laboratorien dienten 1-l-Polyethylen-Weithalsflaschen.

#### Auswertung und Ergebnisse

Meßergebnisse wurden uns von 46 Laboratorien übermittelt; von diesen waren 36 amtliche Meßstellen der Länder, 7 Leitstellen des Bundes und 3 Großforschungseinrichtungen. Wurden von einem teilnehmenden Laboratorium mehr als zwei Meßwerte für ein Radionuklid übermittelt oder wurde ein Nuklid nach ver-

schiedenen Methoden bestimmt, wurden verschiedene Nebennummern zum Laborcode vergeben, die in den Auswertungen als separate Laboratorien geführt werden, so daß die Anzahl der in den Auswertungen dokumentierten Laboratorien teilweise höher als 46 ist. Zur Absicherung der Ergebnisse wurde der Klärschlamm im Labor 6.33 der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) analysiert.

Die statistische Auswertung der von den Teilnehmern übermittelten Daten erfolgte auf der Grundlage der DIN 38402, Teil 42 [1]. Sämtliche Angaben massenbezogener Aktivitäten (bzw. spezifischer Aktivitäten) erfolgen in Bq/kg und beziehen sich stets auf die Trockenmasse (TM).

Eine Übersicht über die wichtigsten Kenndaten bei der Auswertung des Ringversuchs findet sich in **Tabelle ST-11**. Dies sind die *Anzahl der Laboratorien* N (ausreißerfrei), der *Gesamtmittelwert* der spezifi-

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Kurzberichte

schen Aktivitäten  $\bar{X}$  (ausreißerfrei) und der Streubereich der Einzelwerte T mit einer statistischen Sicherheit von 95 % (= doppelte Vergleichsstandardabweichung) sowie der Meßwert der PTB  $X_{PTB}$ . Aufgeführt wurden nur Radionuklide, für die Meßwerte von mehr als zehn Laboratorien vorliegen. Zum Vergleich ist in **Tabelle ST-11** jeweils auch der aus den ausreißerfreien Einzelwerten der am Ringversuch beteiligten BfS-Laboratorien berechnete Mittelwert  $\bar{X}_{BfS}$  als Meßwert des BfS angegeben.

#### Diskussion der Ergebnisse

Die Angaben in **Tabelle ST-11** dokumentieren die gute Übereinstimmung der Labormittelwerte mit den PTB-Werten und den BfS-Mittelwerten mit Ausnahme der natürlichen Radionuklide Ra-226 und Th-232. Weiterhin zeigt sich, daß bei denjenigen Radionukliden, die gammaspektrometrisch ohne Probenaufbereitung gut nachzuweisen sind (z. B. Sb-125, Cs-134, Cs-137 sowie K-40 und Ac-228) Streubereiche von etwa 20 % auftreten, während bei Radionukliden, deren Bestimmung mit einer aufwendigen Probenaufbereitung verbunden ist (z. B. Sr-90, Ges.- $\alpha$ -Aktivität) deutlich höhere Streubereiche von mehr als 30 % bis 80 % ermittelt wurden.

Für die natürlichen Radionuklide Th-232 und Ra-226 wurden Streubereiche von etwa 90 % ermittelt. Geringer waren die Streubereiche mit 40 % bei U-238 und mit 26 % bei U-234, die wie die künstlichen  $\gamma$ -Strahler im Rahmen der Überwachung

der Umweltradioaktivität [2] routinemäßig zu bestimmen sind.

Die Ursache für die höheren Streubereiche der Analysenwerte dieses Ringversuchs mit Klärschlamm ist vielfach die Nähe der Analysenwerte zu den erreichbaren Nachweisgrenzen. In einigen Fällen zeigen sich auch methodenspezifische Meßfehler oder Fehlermöglichkeiten, die durch die spezielle Matrix Klärschlamm bedingt sind. Methodenspezifische, d. h. systematische, Meßfehler traten insbesondere bei der gammaspektrometrischen Bestimmung natürlicher Radionuklide wie Ra-226, Th-228 und Th-232 auf, da einerseits die direkte gammaspektrometrische Bestimmung von Ra-226 problematisch ist und andererseits bei Klärschlamm innerhalb der radioaktiven Zerfallsreihen im allgemeinen nicht oder nur unter bestimmten Randbedingungen von einem radioaktiven Gleichgewicht mit den Folgenukliden ausgegangen werden kann. Bezüglich weiterer Einzelheiten wird auf den ausführlichen Bericht zu diesem Ringversuch verwiesen [3], wobei auch auf die Bestimmung der Plutoniumisotope, die nur von wenigen Laboratorien durchgeführt wurden, eingegangen wird.

#### Schlußfolgerungen und Zusammenfassung

Wesentlicher Sinn dieses Ringversuchs war es, neben einer externen Qualitätskontrolle für die Laboratorien bzw. die beteiligten Institutionen, die Grenzen der

Analysenverfahren und mögliche Störungen und Fehler bei der Radioaktivitätsbestimmung realer Umweltproben aufzuzeigen.

Die Auswertung des Ringversuchs hat gezeigt, daß praktisch alle 46 Laboratorien den Anforderungen zur gammaspektrometrischen Aktivitätsbestimmung künstlicher Radionuklide in Klärschlamm nach den Meßprogrammen zur Überwachung der Umweltradioaktivität in der Umwelt [2] gerecht werden. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die geforderten Nachweisgrenzen von 5 Bq/kg TM. Die berechneten Gesamtmittelwerte zeigen im Rahmen der angegebenen Streubereiche eine gute Übereinstimmung mit den PTB-Werten und den vom BfS ermittelten Werten.

- [1] DIN 38 402, Teil 42; Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Allgemeine Angaben (Gruppe A), Ringversuche, Auswertung Mai 1984.
- [2] Richtlinie für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenvorsorgegesetz – Teil I: Meßprogramm für den Normalbetrieb; GMBI 45 (1994), Nr. 32, S. 930.
- [3] Bünger, Th.; Rühle, H.; Rehfeld, H.; Schmidt, K.  
Ringversuch zur Bestimmung der spezifischen Aktivität künstlicher und natürlicher Radionuklide in Klärschlamm aus dem Jahre 1986 – Ringversuch 4/1996; Bericht BfS-ST 2-44/1997.

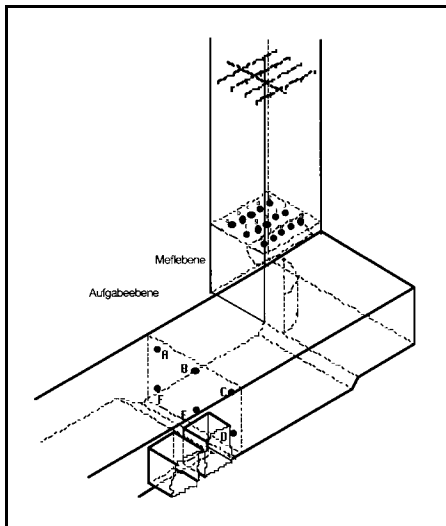
# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Untersuchungen zur Repräsentativität der Probenentnahme und zum Gesamtverlustfaktor bei kerntechnischen Anlagen

K. Vogl, C. Cronfeld

Zur Überwachung und Bilanzierung der Ableitung von radioaktiven Stoffen mit der Fortluft bei kerntechnischen Anlagen wird im Fortluftkanal oder -kamin mit Hilfe einer oder auch mehrerer Sonden ein Teil der Fortluft möglichst isokinetisch entnommen und über Probenentnahmeleitungen zu einem Sammelmedium (Schwebstofffilter oder Adsorptionsmaterial) geleitet, auf dem die Radioaktivität tragenden Aerosolpartikeln oder die gasförmigen radioaktiven Stoffe abgeschieden werden (**Abbildung ST-18**). Aus der gesammelten



**Abbildung ST-18**

Darstellung der Aufgabe von Testaerosolpartikeln in den Fortluftkanal eines Kraftwerkes

Aktivität, dem Luftdurchsatz durch das Sammelmedium und aus dem Fortluftvolumenstrom wird die pro Zeiteinheit abgeleitete Aktivität ermittelt.

Diese so errechnete Aktivitätskonzentration stimmt aber mit der tatsächlichen Akti-

vitätskonzentration in der Fortluft im allgemeinen nicht überein, da Unterschiede zwischen der tatsächlichen und der gemessenen Aktivitätsableitungsrate von, insbesondere aerosolgetragenen, radioaktiven Stoffen auftreten können:

- Nicht-repräsentative Probenentnahme infolge von Inhomogenitäten der Aktivitätskonzentration oder der Strömungsgeschwindigkeit,
- Änderung des Verhältnisses der Teilchenkonzentration von großen und kleinen Aerosolpartikeln durch nicht-isokinetische Probenentnahme,
- Aktivität tragende Aerosolpartikeln werden an den Wänden des Probenentnahmesystems abgeschieden,
- Aktivität tragende Aerosolpartikeln werden im Sammelgerät oder Monitor außer im Sammelmedium auch an anderen Stellen abgeschieden.

Daher ist es für die Bestimmung der tatsächlichen Aktivitätskonzentration bzw. Aktivitätsableitung in der Fortluft erforderlich, den Gesamtverlustfaktor für die Aktivität, d. h. das Verhältnis der tatsächlichen Aktivitätsableitungsrate in der Fortluft zur gerechneten Aktivitätsableitungsrate, für jedes einzelne Radionuklid oder für Radionuklidgruppen zu ermitteln.

Über die Bestimmung der Abscheideverluste von Aerosolpartikeln und des diese Abscheideverluste korrigierenden Rohrfaktors wurde bereits berichtet [1, 2, 3]. In diesem Beitrag werden die Untersuchungen zur Bestimmung des Gesamtverlustfaktors und der Repräsentativität der Probenentnahme beschrieben. Insbesondere wurde dabei auch untersucht, in welchem Ausmaß Aerosolpartikeln in den Fortluftkanälen oder -kaminen verteilt werden. Dies erfolgte im Hinblick darauf, daß in vorliegenden Normen ausgesagt wird, daß bei turbulenter Strömung nach einer Strecke vom fünffachen Kanaldurchmessers die Verteilung von Aerosolpartikeln relativ gleichförmig ist, während Berechnungen des Autors ergaben, daß die Verteilung auch nach weit größeren Strecken noch beträchtliche Abweichungen von einem Mittelwert aufweisen können.

### Vorgehen bei der Bestimmung des Gesamtverlustfaktors

Der Gesamtverlustfaktor umfaßt gemäß dem oben Aufgeführten auch die repräsentative Probenentnahme aus der Fortluft mittels einer oder mehrerer Probenentnahmesonden. Zur Bestimmung des Gesamtverlustfaktors müssen daher die an Aerosolpartikeln gebundenen oder gasförmigen Stoffe in der Fortluft vorliegen und deren Konzentration bekannt sein. Abgesehen von einem inaktiven Verfahren, das jedoch nur bei gut meßbaren Aktivitätskonzentrationen in der Fortluft angewandt werden kann, werden bei dem aktiven Verfahren der Fortluft bekannte Mengen von Testaerosolpartikeln oder gasförmigen Testsubstanzen, die sich von den üblichen Materialien in der Fortluft unterscheiden, in größerem Abstand zum Probenentnahmerechen zugefügt. Die Mengenverteilung der Testaerosolpartikeln muß dabei der Aktivitätsverteilung in der Fortluft entsprechen.

Die Testaerosolpartikeln oder gasförmigen Testsubstanzen sollten möglichst gleichmäßig über den Kanal- oder Kaminquerschnitt verteilt sein. Dies kann bei den Versuchen nur in seltenen Fällen erreicht werden, da die Quellen für die Testaerosolpartikeln oder Gase üblicherweise nahezu punktförmig sind und eine gleichmäßige Verteilung auch bei hochturbulenter Strömung erst nach größeren Strecken erzielt wird. Im allgemeinen behilft man sich damit, daß man an mehreren Stellen über den Kanal- oder Kaminquerschnitt auf der Anströmseite und in einem Abstand vom Probenentnahmerechen die Testaerosolpartikeln oder -gase aufgibt und jeweils die auf dem Sammelmedium abgeschiedenen Mengen bestimmt. Das Verhältnis der aufgegebenen Mengen zu den aus auf den Sammelmedien abgeschiedenen Mengen berechneten abgeleiteten Mengen ergibt sogenannte Korrekturfaktoren. Sofern diese Korrekturfaktoren nicht allzusehr von einem Mittelwert abweichen, kann man diesen Mittelwert als den Wert ansehen, der sich bei gleichförmiger Verteilung der Testaerosolpartikeln oder -gase ergäbe, und somit als Gesamtverlustfaktor ansehen.

# Fachbereich Strahlenschutz

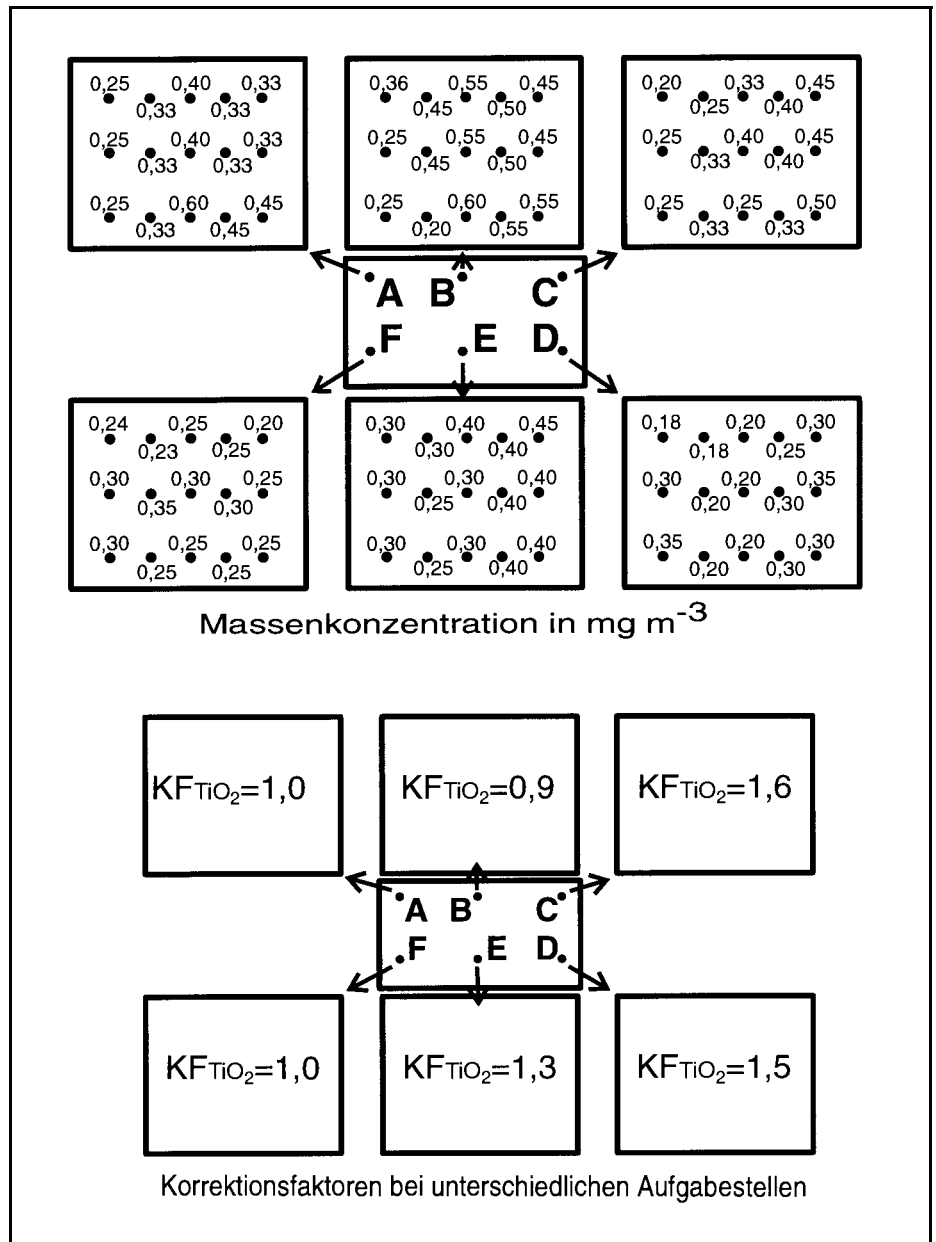
## Wissenschaftliche Kurzberichte

Der Gesamtverlustfaktor und die Verteilung der Aerosolpartikelkonzentrationen wurden zum einen im etwa 150 m langen geraden Abwetterkanal eines Endlagers und zum anderen im mehrfach gewundenen Fortluftkanal eines Kernkraftwerkes bestimmt. In beiden Fällen ist die Luftströmung turbulent. Bei den Untersuchungen wurden als Testaerosolpartikeln  $TiO_3$ -,  $SrTiO_3$ - und  $Mo_2C$ -Pulver mit den jeweiligen geometrischen Mittelwerten des Aerosolpartikeldurchmessers von 0,6, 3,3 und 8  $\mu m$  eingesetzt. Die Testaerosolpartikeln wurden an mehreren über den Fortluftkanalquerschnitt verteilten Stellen aufgegeben, wie beispielhaft in **Abbildung ST-18** dargestellt ist.

### Ergebnisse der Messungen

Im Falle des Abwetterkanales des Endlagers ergaben die Versuche, daß auch nach 100 m und turbulenter Strömung die Verteilung der Aerosolpartikeln nicht gleichförmig ist, wie es gemäß den gültigen Normen zu erwarten wäre. Die Ergebnisse der Messungen beim Kernkraftwerkfortluftkanal sind **Abbildung ST-19** zu entnehmen, in denen sowohl die Verteilung der Massenkonzentration der Testaerosolpartikeln in der Meßebe-ne als auch die Korrektionsfaktoren dargestellt sind. Hier erhält man trotz kurzer Entfernung des Probenentnahmere-chens vom Aufgabeort eine relativ gleichmäßige Verteilung, die vor allem durch das zweifache, nicht in einer Ebene liegende Abknicken des Fortluftkanals erzielt wird. Aus den Untersuchungen geht hervor, daß es zum Erzielen einer gleichförmigen Verteilung der Akti-vitätskonzentration und der Strömungs-geschwindigkeit wesentlicher ist, mit Hil-fe von geeigneten Einbauten und Strömungsführungen die Luft und die darin enthaltenen Schwebstoffe zu durchmischen, als allein große Entfer-nungen zwischen Zuführung der Fortluft und Probenentnahmeort einzuhalten.

[1] Vogl, K.  
Assessment and experimental determination of the aerosol particles losses in the sampling lines of nuclear installations



**Abbildung ST-19**

Verteilung der Massenkonzentration in der Meßebe-ne und Korrektionsfaktoren in Abhängigkeit von der Aufgabenstelle der Testaerosolpartikeln

[2] Vogl, K.; Thomas, M.  
Bestimmung der Abscheideverluste von Aerosolpartikeln und des Rohrfaktors in Probenahmesystemen von kerntechnischen Anlagen  
Jahresbericht des BfS, 1993, S. 178-179.

[3] Vogl, K. Rechnerische und experimentelle Bestimmung der Aerosolpartikelverluste und des Rohrfaktors bei kerntechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland  
9. Fachgespräch Überwachung der Umweltradioaktivität, Oberschleißheim, 25. bis 27. April 1995, S. 148 – 153.

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Konsequenzen von ICRP 60 für den Strahlenschutz an CASTOR-Behältern

A. Rimpler

Im Zusammenhang mit den in den letzten Jahren durchgeführten Transporten von abgebrannten Brennelementen (BE) aus deutschen Kernkraftwerken in die französischen und britischen Wiederaufarbeitungsanlagen sowie von verglastem hochaktivem Abfall (HAW) und Brennelementen in das Zwischenlager Gorleben spielten Diskussionen um die Strahlenbelastung durch Neutronen eine wesentliche Rolle. Neutronen können die dominierende Komponente des Strahlungsfeldes in der Umgebung von Transport- und Lagerbehältern bilden. – Im folgenden werden diese, obwohl nicht alle zur CASTOR-Bau-

reihe gehörig, als CASTOR-Behälter bezeichnet\*.

Im Zusammenhang mit diesen Transporten erlangte die Empfehlung 60 der ICRP eine besondere Bedeutung. In ICRP 60 werden einheitlich für alle Strahlungsarten sowohl die Schutzgrößen (Körperdosis) als auch die operationalen Größen (Orts- und Personendosis) neu definiert. In der Ortsdosimetrie soll die *Umgebungsäquivalentdosis*  $H^*(10)$  die alte Größe *maximale Äquivalentdosis*  $H_{Made}$  nach ICRP 21 ersetzen. Für die Körperdosis wird anstelle der *effektiven Äquivalentdosis*  $H_E$  nach ICRP 26 die *effektive Dosis*  $E$  empfohlen. Weiterhin wurde mit ICRP 60 eine Neubewertung der biologischen Wirkung von Neutronen vorgenommen, verbunden mit

der Empfehlung von sogenannten Strahlungswichtungsfaktoren und neuen, höheren Qualitätsfaktoren für Neutronen. Die Strahlungswichtungsfaktoren dienen der Bestimmung von Körper- und Organdosen, während die Qualitätsfaktoren die Grundlage für die Meßgrößen Orts- und Personendosis bilden. Zur Berechnung bzw. Messung der genannten radiologischen Größen dienen sogenannte Neutronenfluenz-Äquivalentdosis-Konversionsfaktoren, die in einer weiteren ICRP-Empfehlung (ICRP 74) festgelegt sind. Da das Konzept von ICRP 60 in die Strahlenschutz-Grundnorm der EU übernommen wurde, ist dessen Umsetzung in nationales Regelwerk absehbar.

In **Abbildung ST-20** ist der energetische Verlauf der o. g. „alten“ und „neuen“ Größen für die Körperdosis bzw. für die Ortsdosismessgrößen im Vergleich mit einem für CASTOREn typischen Neutronenspek-

\* **CASTOR: C**ask for **S**torage and **T**ransport of **R**adioactive Material.

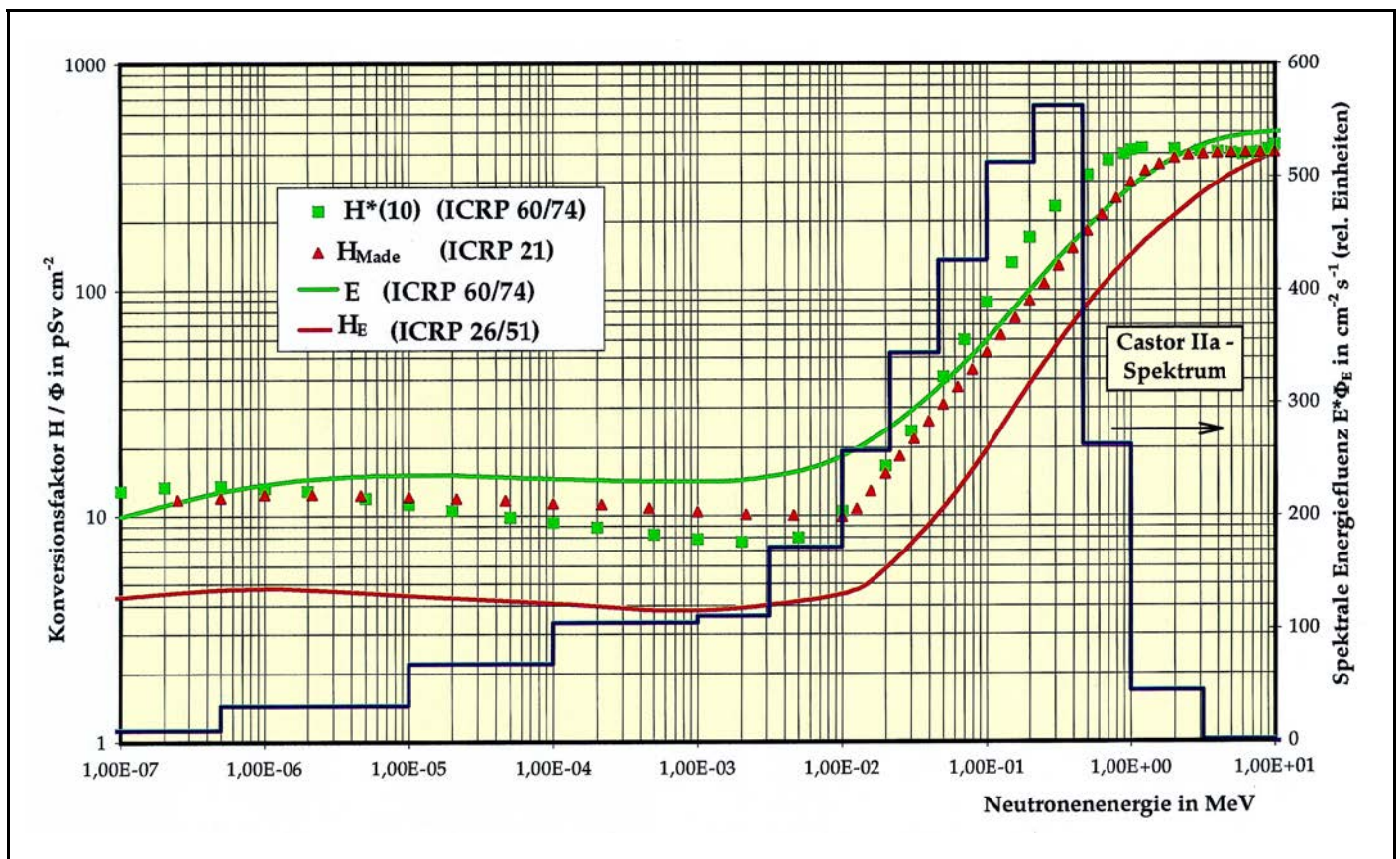


Abbildung ST-20

Fluenz-Äquivalentdosis-Konversionsverfahren-Vergleich „alt“ und „neu“, Körperdosen  $E$  und  $H_E$  für A-P Strahlungseinfall



# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

trum dargestellt. Die Körperdosis hängt von der Richtung des Strahlungseinfalls ab. Aus Gründen der Übersicht werden hier nur die Konversionsfaktoren für frontalen Einfall (anterior-posterior, A-P) gezeigt. Die Abweichungen zwischen den Ortsdosisgrößen betragen für monoenergetische Neutronen bis 20 MeV zwischen  $-20\%$  und  $+70\%$ ; für breite Neutronenspektren liegen sie im allgemeinen unter  $50\%$ . Die Abweichungen erreichen ihr Maximum im Energiebereich von  $0,1$  MeV bis  $1$  MeV, in dem auch Neutronenspektren an CASTORen ihr Fluenzmaximum erreichen. Infolge dessen sind insbesondere an CASTOR-Behältern mit der Einführung der neuen Größen Änderungen von Orts- und Körperdosen verbunden. Deren Quantifizierung war u. a. das Ziel von Untersuchungen, die durch das BfS in den vergangenen drei Jahren an 5 verschiedenen Behältertypen mit unterschiedlicher Beladung durchgeführt wurden. Es handelte sich hierbei um drei CASTORen für Brennelemente (CASTOR IIa, CASTOR V/19, CASTOR 440/84) und zwei Behälter für HAW-Glaskokillen (TS 28/V, CASTOR HAW 20/28). Ein Schwerpunkt dieser Messungen war die Bestimmung von Neutronenspektren in der Umgebung von CASTORen mit einer für Arbeitsplatzuntersuchungen geeigneten einfachen Version des *Bonner*- Mehrkugelspektrometers. Es besteht aus einem  $^3\text{He}$ -Proportionalzählrohr, 5 Polyethylen-Moderatorkugeln (Durchmesser  $7,8$  bis  $30,5$  cm) und einem tragbaren Vielkanalanalysator. Aus den nacheinander gemessenen Zählraten des  $^3\text{He}$ -Detektors im Zentrum der Moderatoren lassen sich mittels eines speziellen iterativen Entfaltungsverfahrens Neutronenspektren im Energiebereich von  $10^{-2}$  eV bis  $20$  MeV näherungsweise bestimmen. Durch Faltung der Fluenzspektren mit den entsprechenden Dosis-Konversionsfaktoren können die Orts- und Körperdosen mit einer maximalen Unsicherheit von etwa  $\pm 15\%$  berechnet werden.

An den genannten CASTORen erfolgten Messungen an der Oberfläche des Deckels und des Behältermantels in ca.  $3$  m Höhe (Dosismaximum). Darüber hinaus

Dosisverhältnis		$H^*(10)/H_{\text{Made}}$	$E/H_E$	$H^*(10)/E$	$H_{\text{Made}}/H_E$
Strahlungseinfallsrichtung	A-P	1,46 (1,31–1,53)	2,3 (2,1–2,4)	1,4 (1,3–1,5)	2,2 (2,1–2,3)
	P-A		3,9 (2,9–4,3)	2,3 (2,1–2,5)	6,2 (4,8–6,8)
	ROT		2,8 (2,5–3,0)	2,6 (2,3–2,7)	4,9 (4,3–5,2)

**Tabelle ST-12**

Verhältnisse von Meßgrößen und Körperdosen (Mittelwerte) an CASTOR-Behältern in Klammern: maximale Schwankungsbreite

wurden an den meisten Behältern weitere Meßpunkte am Deckelrand sowie in unterschiedlichen Abständen von der Mantelmitte gewählt. Insgesamt wurden Untersuchungen an 20 Positionen, 2 bis 7 je Behälter, vorgenommen und aus den gemessenen Neutronenspektren die hier diskutierten Dosisgrößen ermittelt. Das Ergebnis ist in Form von Dosisverhältnissen, gemittelt über alle Meßpunkte an den fünf CASTORen in **Tabelle ST-12** zusammengefaßt. Zur Verdeutlichung der Variationsbreite der Werte sind zusätzlich die an einzelnen Positionen gefundenen maximalen Abweichungen vom Mittelwert angegeben.

Zunächst ist festzustellen, daß mit der Einführung von  $H^*(10)$  eine Erhöhung der Ortsdosis um etwa  $50\%$  verbunden ist. Dies kann zukünftig zu Konsequenzen in Hinblick auf das maximale Inventar von CASTORen führen, wenn – wie zu erwarten ist – die in international verbindlichen Transportvorschriften (IAEA Safety Standards) festgelegten Dosisleistungsgrenzwerte unverändert bleiben. Ähnliches gilt prinzipiell für die Personendosen, da sich die Konversionsfaktoren für die neue Meßgröße  $H_p(10)$  für frontalen Einfall nur wenig von denen für  $H^*(10)$  unterscheiden. Dies hat jedoch geringere praktische Bedeutung, da aufgrund der relativ großen Energieabhängigkeit des Dosisansprechvermögens üblicher Personendosimeter deren Meßunsicherheit den hier betrachteten Bereich übersteigt. Zudem wurden bei Transport und Lagerung von CASTOR-Behältern bisher kaum meßbare Personenexpositionen gefunden.

Die Verhältnisse bezüglich der Körperdosen wurden für die in der Praxis wichtigsten drei Expositionssituationen des fron-

tal (A-P), rückseitigen (P-A) und rotationssymmetrischen (ROT) Neutroneneinfall berechnet. Die Ergebnisse für  $E/H_E$  zeigen, daß sich mit der Neudefinition der effektiven Dosis  $E$  in Verbindung mit der Höherbewertung der biologischen Wirkung von Neutronen die Körperdosis je nach Einfallsrichtung um einen Faktor zwischen  $2,3$  und  $4,0$  erhöht.

Eine Grundregel des Strahlenschutzes besteht darin, daß gemessene Ortsdosen, unabhängig von der Orientierung einer Person im Strahlungsfeld, eine sichere Abschätzung der Körperdosis liefern sollen. An den Werten für  $H_{\text{Made}}/H_E$  wird deutlich, daß im ungünstigsten Fall frontaler Einstrahlung bisher ein „Sicherheitsfaktor“ von  $2,2$  bestand. Bei anderen Bestrahlungsrichtungen wird die Körperdosis sogar um mehr als das 5-fache überschätzt. Mit Einführung der ICRP-60-Größen verringert sich diese Konservativität. Die Resultate für  $H^*(10)/E$  implizieren einen „Sicherheitsfaktor“ zwischen  $1,4$  für Bestrahlung von vorn und  $2,6$  für rotationssymmetrischen, d. h. gleichmäßigen Neutroneneinfall von allen Seiten.

Die in den letzten Jahren geführten Diskussionen um die Folgen der Umsetzung von ICRP 60 haben kaum ein anderes Anwendungsgebiet nachhaltiger betroffen als den Strahlenschutz bei Transport und Lagerung von abgebranntem Kernbrennstoff. Die hier vorgelegten Ergebnisse zeigen, daß sich einerseits infolge erhöhter Orts- und Körperdosen durchaus praktische Konsequenzen ergeben können, andererseits jedoch die Neutronendosimetrie an CASTOR-Behältern auf eine realistischere konzeptionelle Basis gestellt wird.

# Fachbereich Strahlenschutz

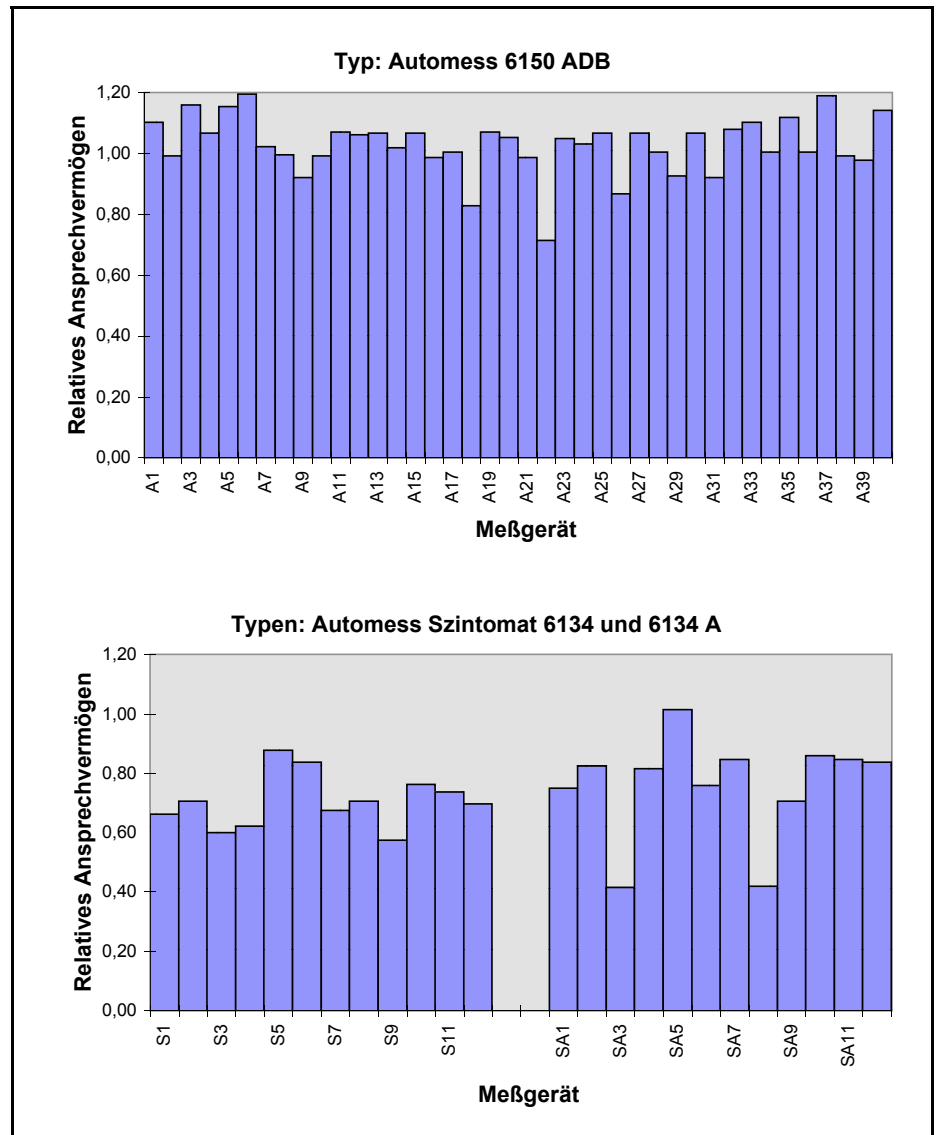
## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Maßnahmen zur Qualitätssicherung von Ortsdosisleistungsmessungen für den Grundpegelbereich

W. Will, J. Mielcarek

Messungen der Ortsdosisleistung (ODL) haben für die Untersuchung von Geländen und Objekten, die durch bergbauliche Tätigkeiten beeinträchtigt sind, besondere Bedeutung, weil sie mit einfach zu bedienenden handlichen Meßgeräten durchgeführt werden und die Meßergebnisse unmittelbar vor Ort für eine sofortige radiologische Bewertung zur Verfügung stehen. So erfolgten im Rahmen der in den ostdeutschen Bergbauregionen in den letzten Jahren durchgeführten Umweltprojekte einige hunderttausend ODL-Messungen durch zahlreiche Auftragnehmer. Die Ergebnisse bestimmen Notwendigkeit und Umfang von Sanierungsmaßnahmen, weshalb die Zuverlässigkeit der Messungen von großer Bedeutung ist. Andererseits muß die Qualitätssicherung der ODL-Messungen im Bereich der natürlichen Grundpegelstrahlung als grundsätzlich unbefriedigend eingeschätzt werden, da dieser nicht durch das Eichgesetz erfaßt wird. In diesem Dosisleistungsbereich sind keine Eichungen und Bauartprüfungen gefordert und existieren keine normativen Anforderungen an die Meßmethoden und Meßinstrumente.

In der Umgebungsdosimetrie ist die ODL des natürlichen und zivilisatorisch beeinträchtigten Umgebungsstrahlungsfeldes zu ermitteln, das einen sehr komplexen Charakter hat. Es besteht auf der einen Seite aus der kosmischen Strahlung in Form von hochenergetischen Photonen, Elektronen und anderen geladenen Teilchen sowie Neutronen. Die terrestrische Strahlung ist dagegen Gammastrahlung der natürlichen Radionuklide in den Umweltmedien. Die ODL-Meßgeräte messen die Summe der Beiträge beider Komponenten – und zwar mit einem typen- und gerätespezifischen Ansprechvermögen – sowie der geräteinternen Eigenanzeige. Für eine exakte Ermittlung der interessierenden ODL der terrestrischen Strahlung ist die Kenntnis dieser drei Ansprech-



**Abbildung ST-21**

Ergebnisse der Vergleichsmessungen von tragbaren ODL-Meßgeräten auf einer Referenzmeßfläche aus Haldenmaterial in Reust/Thüringen

parameter erforderlich. Die Eichbehörden kalibrieren die Meßgeräte aber nur mit einer kollimierten Gamma-Referenzstrahlung und dies bei Dosisleistungen, die deutlich über natürlichen Niveaus liegen.

Deshalb wurden durch das BfS zur Qualitätssicherung der Messungen der in den Umwelt-Meßprojekten einbezogenen Partner eine detaillierte Meßanleitung erarbeitet und periodische Kalibriervergleiche unter Feldbedingungen durchgeführt. In der Meßanleitung sind Grundanforderun-

gen an die Eigenschaften der einzusetzenden Meßgeräte und an die Durchführung der Messungen festgelegt.

Als Referenzmeßsonde für die Überprüfung der Kalibrierung der Meßgeräte dient dem BfS eine Mitteldruck-Ionisationskammer FHT 191 N (Fa. Eberline), die für kosmische Strahlung und für harte Gammastrahlung etwa gleich empfindlich ist und eine geringe Energie- und Richtungsabhängigkeit des Ansprechvermögens für Photonenstrahlung zeigt [1]. Die Sonden-

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Kurzberichte

Eigenanzeige sowie die Ansprechvermögen für kosmische Strahlung und Photonenstrahlung wurden durch Messungen in dem Untertage-Laboratorium Asse der PTB, auf einem Berliner Binnensee und an den Röntgen- und Gamma-Bestrahlungseinrichtungen des BfS in Berlin-Friedrichshagen ermittelt. Zur Bestimmung des Ansprechvermögens für terrestrische Strahlung wurden Energie- und Richtungsabhängigkeit des Ansprechvermögens über Energie- und Richtungsverteilungen typischer terrestrischer Strahlungsfelder integriert.

Analoge Messungen erfolgten für unterschiedliche Typen vom BfS für die Umgebungsdosimetrie verwendeter Meßsonden. Die benutzten Proportionalzählrohre überbewerteten die kosmische gegenüber der terrestrischen Strahlung um etwa den Faktor 1,7, die Szintillationssonden unterbewerteten sie um bis zu einem Faktor 0,5.

Da derartige Messungen für normale Feldmeßgeräte zu aufwendig sind, führt das BfS seit 1993 alljährliche Kalibrierungsvergleiche auf Referenz-Meßflächen durch, die der bestehenden Meßaufgabe adäquat sind. Diese drei Meßflächen befinden sich auf dem Gelände der Wismut GmbH in Reust/Thüringen. Sie haben Ab-

messungen von 20 m · 20 m und bestehen bis zu 60 cm Tiefe aus Beton mit normalem Radioaktivitätsgehalt, aus Haldenmaterial und aus Aufbereitungsrückständen der Uranindustrie. Die ODL der terrestrischen Strahlung beträgt im Zentrum der Flächen ca. 60 nSv/h, 190 nSv/h und 810 nSv/h. Mit einer vom BfS ständig zur Verfügung gestellten und kalibrierten Proportionalzählrohr-Sonde kann von den Wismut-Mitarbeitern für Einzelkalibrierungen jederzeit der aktuelle Referenzwert der ODL ermittelt werden. In den letzten drei Jahren nahmen jeweils ca. 30 Institutionen mit ca. 90 Meßgeräten an den Vergleichen teil. Bei den Institutionen handelte es sich um Landesmeßstellen, einen TÜV und ein Bergamt, Betriebsabteilungen der Wismut GmbH, Ingenieurbüros und Firmen.

**Abbildung ST-21** zeigt Ergebnisse eines Kalibrierungsvergleichs für unterschiedliche Typen von Szintillations-Meßgeräten. Die Geräte des modernen Typs 6150 ADB messen annähernd korrekt, während bei den älteren Typen Szintomat 6134 und 6134A eine systematische Unterbewertung der Gesamt-ODL um ca. 30 % erfolgt. Die Abweichungen werden mittels Bewertungsfaktoren korrigiert, so daß im Ergebnis dieser Meßvergleiche eine einheitliche

Bewertung aller Geräteanzeigen erreicht wird.

Die Feldkalibrierungen wurden im Jahr 1997 dahingehend erweitert, daß den Teilnehmern der Kalibrierungsvergleiche ermöglicht wurde, das Ansprechvermögen ihrer Meßgeräte für kosmische Strahlung separat zu ermitteln. Durch eine Messung auf einem tiefen Binnensee wird die Summe von Eigenanzeige und Anzeige der kosmischen Strahlung für die betreffende Höhe über dem Meeresspiegel bestimmt. Mit Hilfe einer höhenabhängigen Korrektur kann dieser Meßwert auf denjenigen für Meßorte anderer Höhe umgerechnet werden. Damit wird auch die Anzeige der ODL durch kosmische Strahlung korrekt bewertet.

Mit diesen Maßnahmen wurde die Zuverlässigkeit der bei den Meßprojekten in den ostdeutschen Bergbauregionen durchgeführten Messungen deutlich verbessert.

- [1] Will, W.; Borsdorf, K.-H.; Mielcarek, J.; Malinowski, D.; Sarenio, O. Ortsdosisleistung der terrestrischen Gammastrahlung in den östlichen Bundesländern Deutschlands BfS-ST-13/1997.

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Der Einsatz des LEGe-Teilkörpermeßsystems für die In-vivo-Bestimmung von Am-241 im menschlichen Skelett

K. Dettmann, R. Scheler

Das im BfS-Jahresbericht 1994 beschriebene LEGe-Teilkörpermeßsystem dient neben der Bearbeitung wissenschaftlicher Aufgaben der Abklärung von Expositionsfällen und dem Einsatz im Rahmen des Notfallschutzes. Zu diesem Zweck wurde das System auch für Am-241-Bestimmungen im Skelett kalibriert und anschließend in einem Laborvergleich an einem konkreten Am-241-Fall getestet.

Bei Inkorporation von Am-241 wird eine Fraktion von etwa 45 % im Skelett abgelagert und von dort nur langsam mit einer effektiven Halbwertszeit von etwa 50 Jahren wieder abgebaut (ICRP-54). Am-241 ist mit einer Gamma-Energie von 59,6 keV und einer Emissionswahrscheinlichkeit von 35,7 % mit spezieller Meßtechnik relativ gut meßbar. Skelettmessungen werden bevorzugt am Schädel durchgeführt. Aus dem bekannten Massenverhältnis des Schädels zum Gesamtskelett von etwa 1:7 bezogen auf den mineralischen Knochen ist die Hochrechnung der Schädelaktivität auf das gesamte Skelett gut möglich.

Zur Kalibrierung der Nachweiswahrscheinlichkeit für Ganzkörpermessungen im Bereich > 100 keV sind in der Regel Phantome ausreichend, die eine grobe Simulation des Menschen (Größe, Masse, Form, Gewebe) realisieren. Dagegen sind im niederenergetischen Low-Level-Bereich (< 100 keV) Phantome, die ein weitgehend realistisches Bild der Organ- und Gewebeszusammensetzung in ihrer anatomischen Variabilität und der Verteilung des zu messenden Radionuklides im Körper bzw. in den Organen simulieren, eine wesentliche Voraussetzung für die Qualität der Aktivitätsbestimmung.

Von welcher Bedeutung die genaue Kenntnis der Phantomdaten ist, wurde im Rahmen der Kalibrierung der Meßeinrichtung für Am-241-Skelettmessungen mit zwei von renommierten Meßstellen verwendeten Phantomen deutlich.

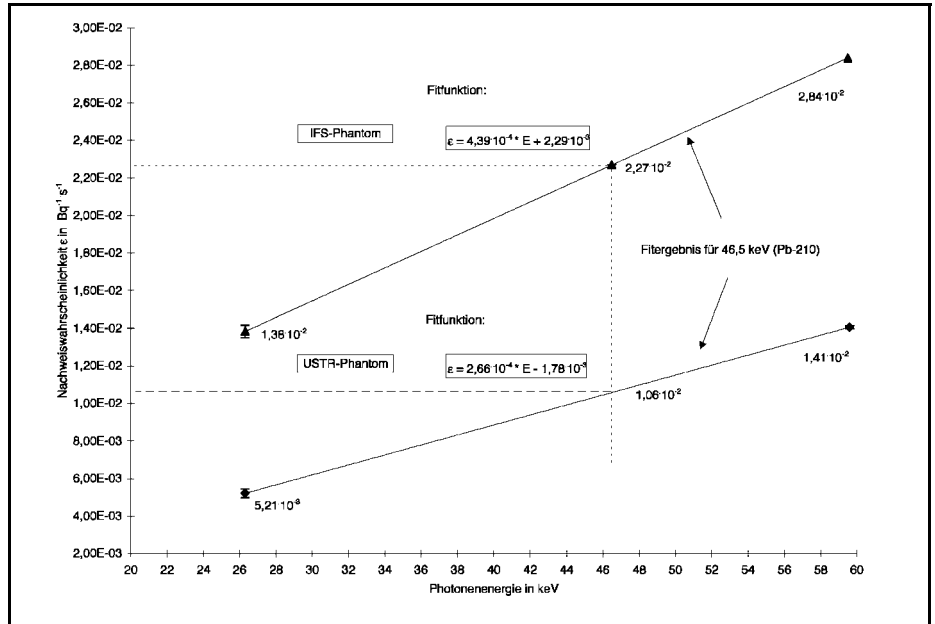


Abbildung ST-22 Nachweiswahrscheinlichkeit bezogen auf 100 % Emissionswahrscheinlichkeit für Am-241-Schädelmessungen mit dem LEGe-Detektorsystem

Labor	Meßperiode	Meßposition	Kalibrierphantom	Anzahl der Messungen	Mittlere Schädelaktivität in Bq	Gesamtskelettaktivität in Bq
1	7/96	Frontal	IFS	3	526 ± 8	3757 ± 57
2	8/95-6/97	Temporal	NRPI	10	324 ± 9	2314 ± 64
2	6/97	Frontal	IFS	2	506 ± 19	3614 ± 136
3	7/96-4/97	Frontal	IFS	6	494 ± 32	3529 ± 229
3	7/96-4/97	Parietal	IFS	5	385 ± 28	2750 ± 200
4	7/96	Temporal/ Occipital	USTR IFS	1	764 ± 46 497 ± 30	5450 ± 332 3545 ± 216
5	12/95	Ganzkörper	Flaschenphantom, Punktquelle	1	–	3729 ± 820
6	10/97	Frontal	USTR IFS	1	855 ± 10 423 ± 5	6110 ± 70 3025 ± 35

Tabelle ST-13 Vergleich von Schädelmessungen verschiedener Laboratorien im Fall einer akuten Am-241-Inkorporation.

Das IFS (Institut für Strahlenschutz)-Phantom, das im NYUMC [1] hergestellt wurde, besteht aus einem menschlichen Schädel, der sowohl an der Schädelinnen- als auch an der Schädelaußenseite quasihomogen mit Filterpapierplättchen definierter Aktivi-

tät belegt ist. Die Absorption durch Gewebe an der Außenseite ist mit gewebeäquivalentem Wachs simuliert; die Absorption im Gehirn wird gleichfalls durch Wachs, hier in Form von kleinen Rotationsellipsoiden, berücksichtigt.

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Kurzberichte

Das USTR (U.S. Transuranium Registry)-Phantom [2] besteht aus dem halben Skelett eines Volontärs, der in den 50er Jahren einer akuten Exposition ausgesetzt war (Inhalation Am-kontaminierter Luft). Die Skelettaktivität ist auf Grund probenanalytischer Untersuchungen der gesamten anderen Skeletthälfte gut bekannt. Zur Vervollständigung des Phantoms wurden die fehlenden Hälften von Kopf und Torso durch gewebeäquivalentes Material auf Polyurethan-Basis substituiert. Im ICRU-Report 48, der eine Zusammenstellung von Phantomen liefert, wird dieses Phantom als ausgewähltes Phantom für Am-241-Skelettmessungen beschrieben.

#### Ergebnisse und Konsequenzen

**Abbildung ST-22** zeigt die Abhängigkeit der Nachweiswahrscheinlichkeit von der Photonenenergie für beide Kalibrierphantome. Die zwischen 59,6 keV und der zweiten Gammakomponente bei 26,3 keV (Emissionswahrscheinlichkeit 2,4 %) interpolierte Nachweiswahrscheinlichkeit für Pb-210 (46,5 keV) bestätigt frühere Pb-210-Kalibrierungen des Meßsystems. Die Nachweiswahrscheinlichkeiten für Am-241 bei 59,6 keV, die mit beiden Phantomen ermittelt wurden, differieren etwa um den Faktor 2. Die Nachweisgrenze für die Methode liegt in Abhängigkeit von den verwendeten Kalibrierdaten bei 1 bzw. 2 Bq Am-241 bezogen auf den Schädel (Meßzeit: 1 h).

An einem konkreten Am-241-Inkorporationsfall aus den 70er Jahren wurden Vergleichsmessungen in verschiedenen Meßlaboratorien durchgeführt. Die in **Tabelle ST-13** dargestellten Ergebnisse wurden uns vom NRPI [3] zur Verfügung gestellt

und mit den eigenen Meßergebnissen zu diesem Fall ergänzt, die unter Labor 6 zu finden sind. Der angegebene Fehler bezieht sich auf die  $1\text{-}\sigma$ -Standardabweichung. Klar ersichtlich ist die gute Übereinstimmung der Meßergebnisse aller Meßstellen mit dem meistverwendeten IFS-Phantom trotz unterschiedlicher Detektorsysteme und verschiedener Meßpositionen. In zwei Meßlaboratorien wurden unabhängig die mit beiden Phantomen ermittelten Nachweiswahrscheinlichkeiten zugrunde gelegt. Aus der mit den Kalibrierdaten des USTR-Phantoms ermittelten Skelettaktivität von 6110 Bq läßt sich unter Anwendung der dosimetrischen Modelle der ICRP-30 und 54 bei Annahme einer einmaligen Zufuhr eine effektive Dosis in der Größenordnung von 2000 mSv abschätzen.

Aus den Kalibriermessungen muß geschlossen werden, daß zwischen beiden Phantomen erhebliche Abweichungen in der Geometrie bzw. in der Kenntnis der Aktivitätsverteilung bestehen. Bereits aus Plausibilitätsbetrachtungen sollte gegenüber dem künstlich hergestellten IFS-Phantom das aus einem Menschen präparierte USTR-Phantom wesentlich realistischer die tatsächliche Aktivitätsverteilung des Am-241 und die Selbstabsorption im menschlichen Skelett repräsentieren. Da beim IFS-Phantom die Aktivitätsbelegung der einzelnen Schädelpartien nicht exakt bekannt ist, sollten die mit dem USTR-Phantom erhaltenen Kalibrierdaten als zuverlässiger angenommen werden.

Wie aus der **Tabelle ST-13** ersichtlich ist, standen offensichtlich allen Laboratorien nur eingeschränkte Informationen zum IFS-Phantom zur Verfügung, so daß erst durch Verwendung eines zweiten unab-

hängigen Phantoms die gravierenden Differenzen deutlich wurden. Korrigiert man über die probenanalytisch ermittelten Verteilungsverhältnisse des Am-241 im USTR-Phantom [2] die möglicherweise aktivitätsfreien unteren Schädelpartien des IFS-Phantoms und berücksichtigt zusätzlich die unterschiedliche Aktivitätsbelegung der Innen- und Außenflächen (nach Angaben des Herstellers 20 %), stimmen die USTR- und IFS-Kalibrierdaten gut überein. Da frühere Kalibrierungen des Meßsystems für Pb-210 mit einem Phantom des gleichen Herstellers [1] durchgeführt wurden, sollte angenommen werden, daß auf die Nachweiswahrscheinlichkeit für Pb-210 eine gleich große Unsicherheit zutrifft.

Die vorliegenden Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit weiterer Entwicklungsarbeiten zur Herstellung realistischer Phantome für Organ- und Teilkörpermessungen. In diesem Rahmen ist die Prüfung der Eignung von Phantomen wie in diesem Beispiel eine Grundvoraussetzung.

- [1] Laurer, G.  
New York University Medical Center  
Laboratory for Radiation Studies,  
1993; persönliche Mitteilung.
- [2] Palmer et al.  
The U.S. Transuranium Registry  
report on the Am-241 content of a whole  
body;  
Health Phys. 49, (1985), p. 577.
- [3] Malatova, I.  
National Radiation Protection Institute  
Prague: Am-241 skeleton burden  
intercomparison exercise; persönliche  
Mitteilung.

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Inkorporationsüberwachung in Kernkraftwerken

R. Scheler, K. Dettmann, K. König

Gemäß Richtlinie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle (RIPHYKO) [1] sind Inkorporationsmessungen in Form einer regelmäßigen Überwachung bzw. einer Überwachung aus besonderem Anlaß erforderlich, wenn nicht ausgeschlossen werden kann, daß durch Inkorporation radioaktiver Stoffe die Exposition 10 % des in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) angegebenen Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr (GJAZ) überschreitet. Während im Fall der regelmäßigen Überwachung der Zeitbezug für die Aktivitätszufuhr ein Jahr ist, betrifft der besondere Anlaß konkrete außergewöhnliche Ereignisse oder zeitlich begrenzten Umgang mit radioaktiven Stoffen.

Auf Grund des relativ geringen Inkorporationsrisikos während des Normalbetriebes eines Kernkraftwerkes kann es zweckmäßig sein, eine zweistufige Inkorporationsüberwachung, bestehend aus betrieblichen Inkorporationsmessungen und Überwachungsleistungen nach § 63 (6) StrlSchV, zu praktizieren.

Die Zielstellung der betrieblichen Inkorporationsmessungen ist darauf gerichtet, Expositionen zu erkennen, die Überwachungsleistungen aus besonderem Anlaß oder eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung zur Folge hätten. Dafür muß ein definierter Standard an Leistungen zur direkten und regelmäßige Kontrolle des Personal auf eventuell inkorporierte Radionuklide bzw. zur Feststellung der Körperaktivität zur Verfügung stehen.

#### Allgemeine Grundsätze

Konzepte zur Gestaltung der betrieblichen Inkorporationsüberwachung wurden vom Arbeitskreis „Praktischer Strahlenschutz“ des Technischen Verein der Großkraftwerksbetreiber e. V. (VGB) ausgearbeitet. Der Grundgedanke des Konzeptes besteht darin, auf betrieblicher Ebene aus

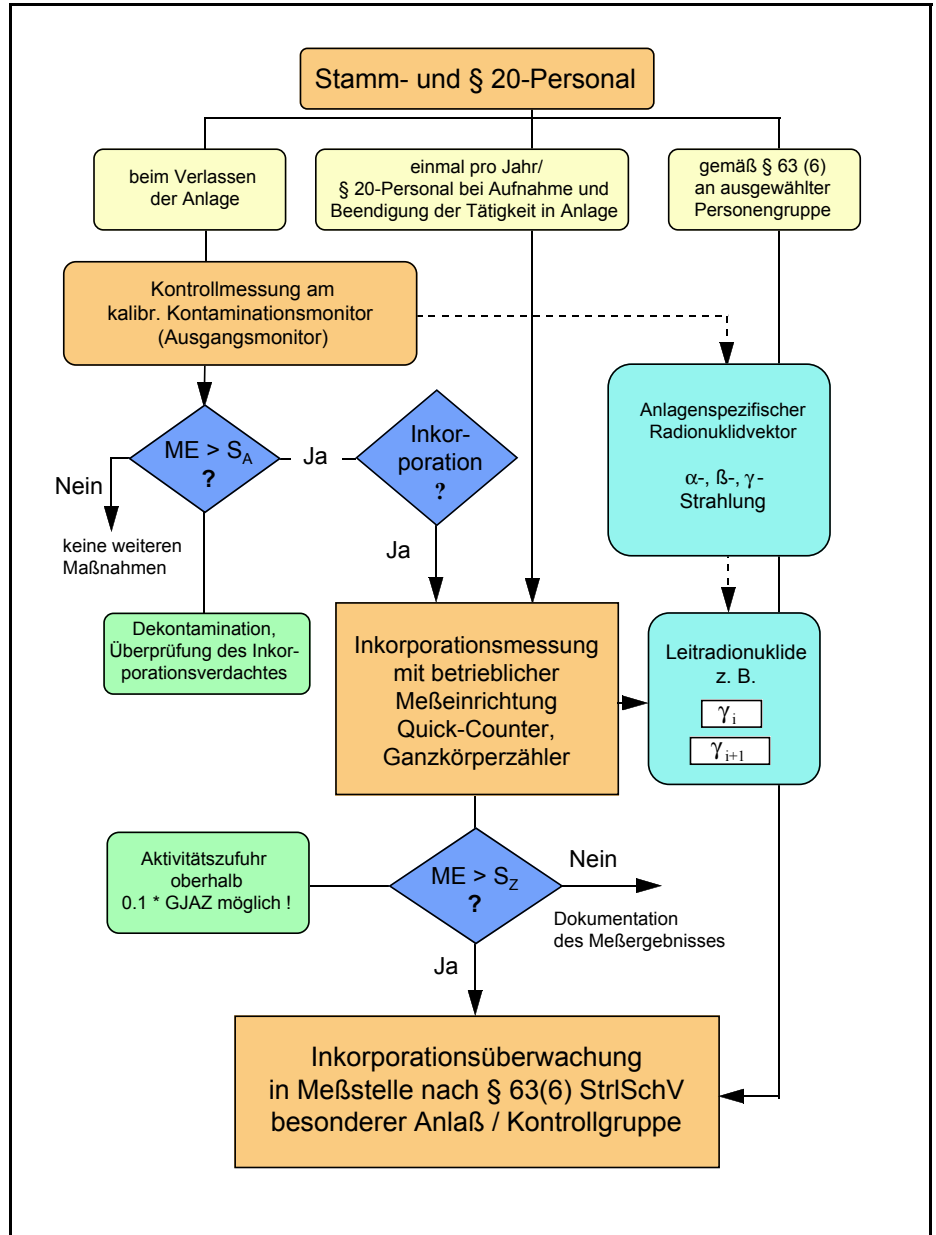


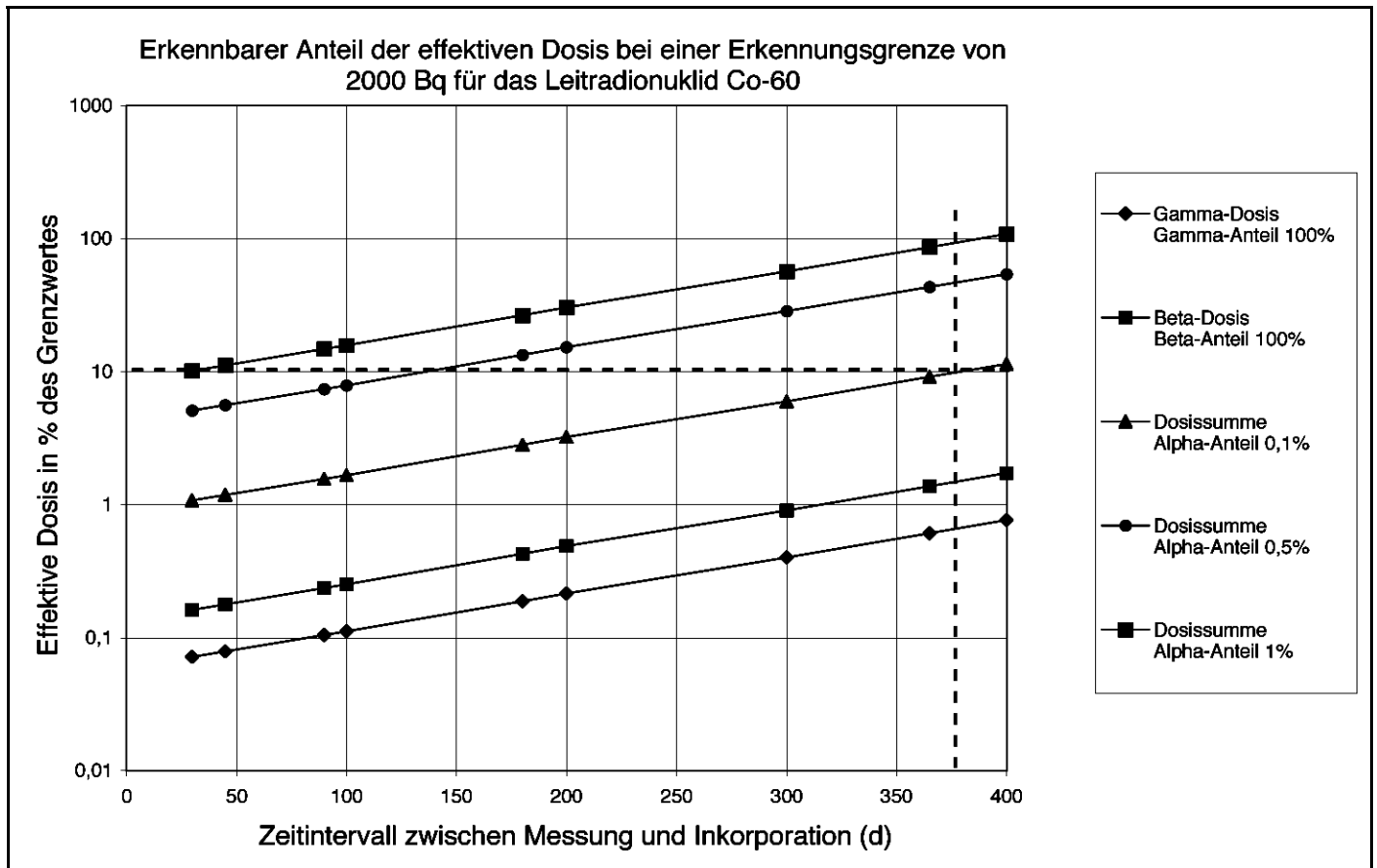
Abbildung ST-23 Organisatorischer Ablauf der Inkorporationsüberwachung für KKW-Personal

der erheblichen Anzahl an Stamm- und § 20-Personal in einer Anlage durch einfache Überwachungsmessungen, z. B. durch Leitradionuklidmessungen die echten Expositionsfälle herauszufiltern (Screening), die dann zur Feststellung der Körperdosis in einer behördlich bestimmten Meßstelle (§ 63 (6) der StrlSchV) Inkorporationsmessungen unterzogen werden (**Abbildung ST-23**).

Zur zielgerichteten Anwendung des Screeningverfahrens ist dessen Anwendungsbereich auf Betriebsweisen und Tätigkeiten zu begrenzen, für welche mit großer Wahrscheinlichkeit die Jahresaktivitätszufuhr unterhalb von 10 % des GJAZ bleibt. Dies trifft, wie die Ergebnisse langjähriger Überwachungsmessungen zeigen, auf den Normalbetrieb von Kernkraftwerken, auf Revisionen, Wartungs- und

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte



**Abbildung ST-24**  
Erkennbare effektive Dosis in Abhängigkeit vom Zeitintervall zwischen Messung und Inkorporation

Instandsetzungsarbeiten in Kernkraftwerken sowie auf die Behandlung der dabei angefallenen radioaktiven Abfälle zu.

Der gerätetechnische Aufwand der betrieblichen Inkorporationsüberwachung kann auf eine Kombination aus einfachen Kontaminations- und Inkorporationsmonitoren reduziert werden. Zur Einschätzung der dosimetrischen Bedeutung der mit dieser Meßtechnik gewonnenen Meßwerte genügt der Vergleich des jeweiligen Meßwertes mit den entsprechenden Schwellenwerten (**Abbildung ST-23**). Das sind am Kontaminationsmonitor der Schwellenwert  $S_A$  für die Feststellung des Verdachtes einer Inkorporation und am Inkorporationsmonitor der Schwellenwert  $S_Z$  für die Bestätigung dieses Verdachtes.

Aus dem Meßergebnis der Kontaminationsmessung beim Verlassen des Kontroll-

bereiches der Anlage läßt sich zeitnah auf eine mögliche Inkorporation schließen, die dann durch weitere Maßnahmen und Untersuchungen wie z. B. Dekontamination und Messungen mit dem betrieblichen Inkorporationsmonitor (z. B. Quick-Counter) abzuklären ist. Um auszuschließen, daß mit dem Screening-Verfahren Aktivitätszufuhren oberhalb  $0,1 \cdot GJAZ$  unerkannt bleiben, ist jeder in dieses Verfahren einbezogene Beschäftigte mindestens einer Kontrollmessung im Kalenderjahr mit dem betrieblichen Inkorporationsmonitor zu unterziehen.

Durch bestätigende Überwachungsmessungen in einer Meßstelle nach § 63 (6) StrlSchV an ausgewählten Personen sind die Ergebnisse der Leitradionuklidmessungen und die Voraussetzungen für des betriebliche Screening-Verfahren zu verifizieren.

### Leitradionuklide und Schwellenwerte des Inkorporationsmonitors

Der für den Inkorporationsmonitor abgeleiteten Schwellenwerte müssen der Bedingung genügen, daß beim Vergleich mit dem Meßwert eine Überschreitung von 10 % des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr des anlagenspezifischen Radionuklidgemisches (Radionuklidvektor) mit Sicherheit erkannt wird. Das Meßproblem kann auf Messungen der  $\gamma$ -Strahlung von repräsentativen Radionukliden (Leitradionuklide) zurückgeführt werden, wenn zwischen den Vektorradionukliden ein bekanntes und annähernd konstantes Aktivitätsverhältnis besteht. Auf Grund ihrer voneinander unabhängigen Entstehung sollte eine selektive Bestimmung der Spaltprodukte und der aktivierten Korro-

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Kurzberichte

sionsprodukte des Radionuklidvektors durch mindestens je ein Leitradionuklid, z. B.  $^{137}\text{Cs}$  und  $^{60}\text{Co}$ , möglich sein.

Dosimetrisch besitzen die Leitradionuklide des Vektors gegenüber den  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlern eine untergeordnete Bedeutung. Die Grenzen des Einsatzbereiches der Leitradionuklidmessungen werden bei gegebenen Nachweisgrenzen der Meßtechnik insbesondere durch die Aktivitätsanteile der  $\alpha$ -Strahler im Radionuklidvektor bestimmt. Zur Abschätzung dieser Grenzen wurden anhand von Beispielen unterschiedlich zusammengesetzter Radionuklidvektoren (konstruiert aus Anteilen  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  und  $^{241}\text{Am}$ ) die effektiven Dosen berechnet, die bei einer Erkennungsgrenze für  $^{60}\text{Co}$  von 2000 Bq (Schwellenwert  $S_2$ ) in Abhängigkeit von der Zeitdifferenz zwischen Messung und Inkorporation noch ermittelt werden können. Aus der Darstellung der Ergebnisse in **Abbildung ST-24** ist ersichtlich, daß durch eine Messung im Jahr mit dem Inkorporationsmonitor eine Exposition in Höhe von mindestens 10 % des Grenzwertes der Körperdosis (50 mSv) festgestellt werden kann, wenn der  $\alpha$ -Anteil im Radionuklidvektor unterhalb  $10^{-3}$  liegt. Da im oben beschriebenen Anwendungsbereich diese Bedingung mit großer Wahrscheinlichkeit erfüllt ist, kann ausgeschlossen werden, daß bei einer Pflichtmessung mit dem Inkorporationsmonitor im Jahr Aktivitätszufuhren oberhalb von 10 % des GJAZ unentdeckt bleiben. Für bestimmte Anlagen sind auch darüberhinausgehende Werte des  $\alpha$ -Anteils bekannt. In diesen Fällen sollte unter Berücksichtigung des tatsächlichen  $\alpha$ -Anteils und der Erkennungsgrenze der Meßtechnik die Häufigkeit der betrieblichen Messungen erhöht werden.

Da die dosimetrische Bedeutung der Schwellenwerte sensibel auf die Veränderung der Aktivitätsverhältnisse im Radionuklidvektor reagieren, ist deren Gültigkeit durch begleitende Untersuchungen zur quantitativen Zusammensetzung des Radionuklidvektors, insbesondere in der einatembaren Luft, zu stützen.

### Schlußfolgerungen

Unter definierten Bedingungen können zur Feststellung von Inkorporationen Leitradionuklidmessungen mit einfachen Inkorporationsmonitoren zweckmäßig sein. Im Anwendungsbereich dieser Messungen werden Expositionen, die Überwachungen aus besonderem Anlaß bzw. regelmäßige Überwachungsmessungen zur Folge haben, mit Sicherheit erkannt. Die Gültigkeit der Voraussetzungen für die betrieblichen Leitradionuklidmessungen sind durch begleitende Untersuchungen zu verifizieren.

- [1] Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen vom 20. Dezember 1993, Gemeinsames Ministerialblatt 45. Jahrgang Nr. 7 vom 2. März 1994

### Ringversuch „Tritium in Urin“

M. Hartmann, M. Naumann, E. Günther\*

Mit der Durchführung des Ringversuchs „Tritium in Urin“ [1] wurden im Rahmen der Leitstelle für Inkorporationsüberwachung des Bundesamtes für Strahlenschutz die Maßnahmen zur Qualitätsüberwachung der ausscheidungsanalytischen Labore, die von den zuständigen Behörden als Meßstelle bestimmt wurden, fortgesetzt. Die Durchführung erfolgte nach vorheriger Abstimmung mit dem Arbeitskreis Inkorporationsüberwachung (AKI) des Fachverbandes für Strahlenschutz und unter enger Mitwirkung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB).

Entsprechend der „Richtlinie über Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen“ (Richtlinie) [2] soll die Radionuklid-Aktivität der zu analysierenden Meßproben in der Größenordnung des 10fachen bis zum 1000fachen des geforderten Minimalwertes der nachzuweisenden Aktivität für einen Tagesurin liegen. Da dieser Wert für

\* Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).

Tritium mit 40 kBq/d sehr hoch ist und dessen Bestimmung meßtechnisch keine Probleme ergibt, erhielten die Teilnehmer eine Probe mit einem Tritiumgehalt in der Nähe der nachzuweisenden Aktivität. Eine zweite Probe mit einem Gehalt unterhalb der nachzuweisenden Aktivität wurde außerdem angeboten. Die Referenzwerte betragen 27,75 kBq/l H-3 (Probe 1) bzw. 1,70 kBq/l H-3 (Probe 2). Als Aktivitätsnormal wurde von der PTB mit Tritium markiertes Wasser zur Verfügung gestellt.

Die Teilnehmer wurden aufgefordert, von jeder Probe sechs Einzelbestimmungen vorzunehmen, wobei die Proben direkt und nach Destillation gemessen werden sollten.

Die statistische Auswertung des Ringversuchs erfolgte auf der Grundlage der DIN 38 402, Teil 42 [3] mit Hilfe der in [4] beschriebenen Auswertedatei. In der **Abbildung ST-25** sind am Beispiel der Direktbestimmung von Tritium in der Probe 1 die Ergebnisse dargestellt. Der Ringversuch führte zu folgenden Ergebnissen:

- An der Direktbestimmung von Tritium in der Probe 1 beteiligten sich 10 Labore. Für die Probe 2 lagen sieben Ergebnisse der Direktmessung vor. Die berechneten Gesamtmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen wichen bei beiden Proben nicht signifikant vom Referenzwert ab. Die Wiederfindungsraten betragen 100 % für Probe 1 und 101 % für Probe 2. Die Akzeptanzkriterien nach Richtlinie [2] wurden von allen Teilnehmern erfüllt.
- Nur wenige Teilnehmer führten die Bestimmung von Tritium nach Destillation durch (vier mit Probe 1, drei mit Probe 2). Auch bei diesen beiden Proben lag kein Labormittelwert außerhalb der erlaubten Grenzen, die durch die Akzeptanzkriterien bestimmt werden.
- Im Routinebetrieb wird ausschließlich die Direktmessung von Urinproben durchgeführt. Die Nachweisempfindlichkeit und -grenze für H-3 sind für undestillierte Urinproben völlig ausreichend, um Ausscheidungen nach Zufuhren in Höhe der Interpretationsschwelle bestimmen zu können. Obwohl bei der Dosisinterpretation in der Routineüberwachung auf H-3 nur von



# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

tritiiertem Körperwasser ausgegangen wird, wurden bei der Durchführung des Ringversuchs beide Bestimmungsmethoden gewünscht, um auch speziellen Anforderungen bei Inkorporationsbestimmungen aus besonderem Anlaß gerecht zu werden.

Die Anwendung der Flüssig-Szintillationsmessung zur Bestimmung von Tritium in Urin führte bei allen Teilnehmern zu richtigen und präzisen Ergebnissen.

Die regelmäßige Durchführung von Ringversuchen wird 1998 mit der Bestimmung von Thorium und C-14 in Urin fortgesetzt.

- [1] Hartmann, M.; Günther, E.\*; Naumann, M.  
Auswertung des Ringversuchs „BfS-RV-H-97“ Bestimmung von Tritium in Urin, Interner Bericht ST 2 – 34/1997, August 1997.
- [2] Richtlinie über Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen (RAI) GMBI 1996, Nr. 46, S. 996.
- [3] DIN 38 402, Teil 42  
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Allgemeine Angaben

(Gruppe A) Ringversuche, Auswertung, Mai 1984.

- [4] Hartmann, M.; Krol, I.  
Programm zur Auswertung von Vergleichsanalysen, Interner Bericht ST 2-41/1996, September 1996.

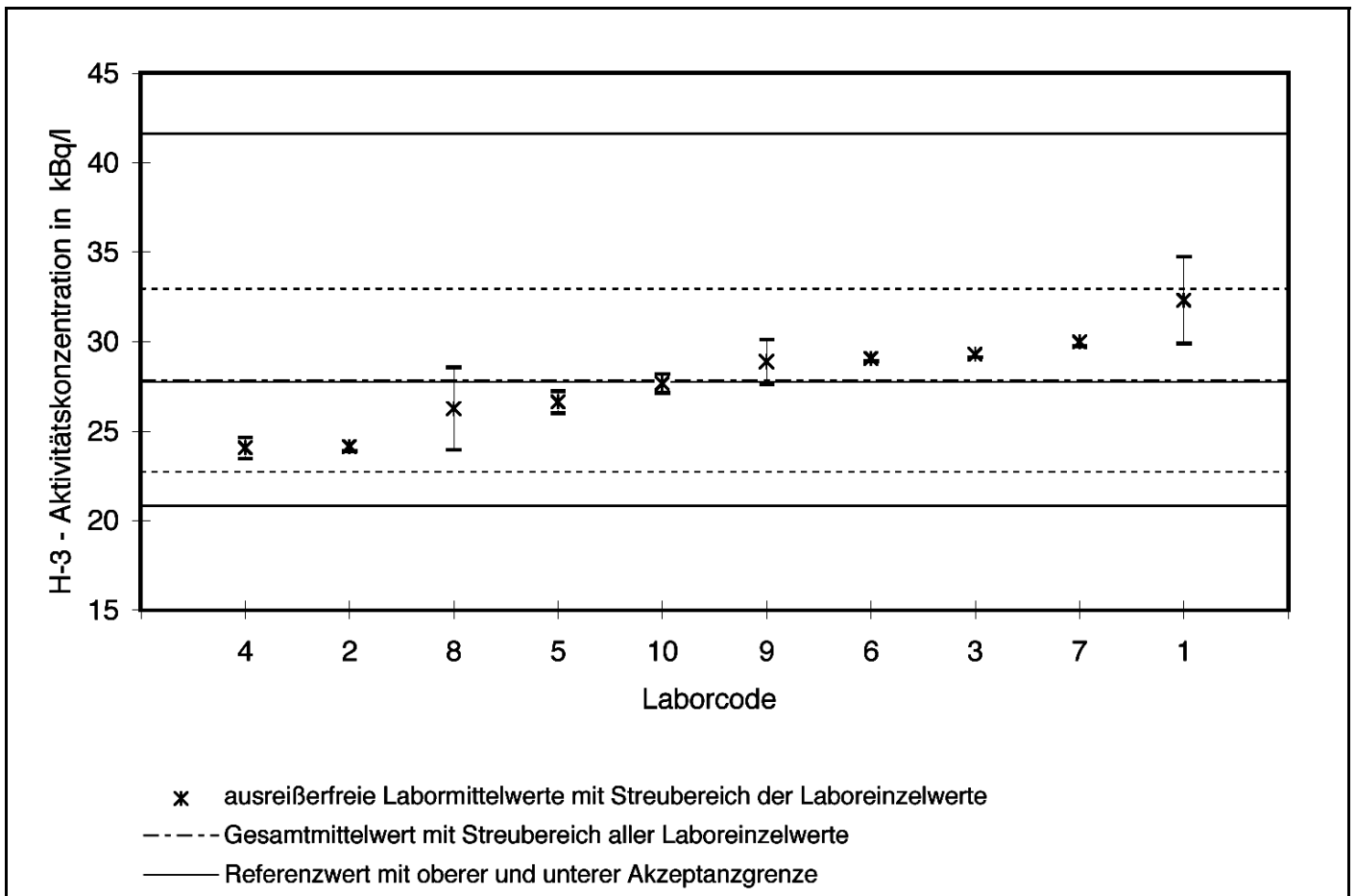


Abbildung ST-25  
Labormittelwerte mit den statistischen Kenndaten (Probe 1)

# Fachbereich Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Normalgehalte an natürlichen Radionukliden in Stuhlproben von Personen

M. Naumann, K. Hänisch, M. Hartmann

Die Bestimmung von Radionukliden in Ausscheidungsprodukten ist eine der Methoden zur Inkorporationsüberwachung von Personen, die mit radioaktiven Stoffen umgehen. Besteht die Möglichkeit einer inhalativen Zufuhr von radioaktiven Stoffen, insbesondere von unlöslichen, kann die Anwesenheit der entsprechenden Radionuklide im Stuhl auf eine Inkorporation hinweisen, da durch den mukoziliären Clearancemechanismus der Bronchien und Trachea und durch Verschlucken ein erheblicher Anteil der zugeführten radioaktiven Stoffe in den Magen-Darm-Trakt und somit in den Stuhl gelangt. Beispiele für die Möglichkeit der Inkorporation von Stoffen, die natürliche Radionuklide enthalten, sind der Umgang mit thoriumhaltigen Gasglühstrümpfen und andere mit Staub verbundene Tätigkeiten in Bereichen, die entsprechend belastet sind. Zum Nachweis eines erhöhten Radionuklidgehalts im Stuhl müssen die regional unterschiedlichen Normalgehalte für die betreffenden Radionuklide und deren Schwankungsbereiche bekannt sein.

Ausgehend von zehn 24-Stunden-Stuhlproben von Personen aus dem Berliner Raum wurden Mittelwerte und Bereiche ermittelt: 1,4 (0,4 – 2,2) µg/d für Uran, 65 (38 – 121) mBq/d für Ra-226 und 111 (52 – 185) mBq/d für Pb-210. Ausgehend von weiteren zehn Stuhlproben wurden Mittelwerte und Bereiche für Thorium-Isotope ermittelt: 5,4 (1,6 – 12) mBq/d

	U-238 mBq/d	Ra-226 mBq/d	Pb-210 mBq/d	Th-232 mBq/d	Th-230 mBq/d	Th-228 mBq/d
Berlin	17 <sup>1)</sup>	65	111	5,4	9,8	23
ICRP 23	17–22 <sup>1)</sup>	81	–	11,8 <sup>2)</sup>	–	–
UNSCEAR 1993 <sup>3)</sup>	13,4	52	97 <sup>4)</sup>	3,6	6,8	3,6
1) errechnet aus 1,4 µg bzw. aus 1,4 bis 1,8 µg Uran 2) errechnet aus 2,9 µg Thorium 3) Jahreswerte dividiert durch 365 Tage 4) inhalativ zugeführter Anteil eingeschlossen						

**Tabelle ST-14**

Durchschnittliche tägliche Ausscheidung von natürlichen Radionukliden mit dem Stuhl von Personen in Berlin verglichen mit den entsprechenden Werten nach ICRP 23 und den Werten für die durchschnittliche tägliche Zufuhr mit der Nahrung nach UNSCEAR 1993

für Th-232, 9,8 (1,7 – 16) mBq/d für Th-230 und 23 (11 – 39) mBq/d für Th-228.

Die in der **Tabelle ST-14** enthaltene Gegenüberstellung der gefundenen Mittelwerte für die Tagesausscheidung der Radionuklide mit dem Stuhl, der entsprechenden Werte nach ICRP 23 [1] und der Werte für die tägliche Zufuhr mit der Nahrung nach UNSCEAR 1993, wobei ein dynamisches Gleichgewicht für Zufuhr und Aufnahme angenommen wird [2], zeigt eine gute Übereinstimmung für die einzelnen Radionuklide außer für Th-228. Allerdings wurde in [2] offensichtlich ungenügend berücksichtigt, daß Th-228 aus mit wesentlich höherer spezifischer Aktivität in der Nahrung enthaltenem Ra-228 während der Vegetationsperiode und der Lagerungszeit nachwächst. Frindik [3] untersuchte die tägliche Zufuhr von Thorium mit der Nahrung und fand für die Th-Isotope die Werte: Th-228 46 mBq/d, Th-232 5,9 mBq/d und Th-230 9,4 mBq/d.

- [1] International Commission on Radiological Protection. Reference Man: Anatomical, Physiological and Metabolic Characteristics. ICRP Publication 23 (Oxford: Pergamon Press) (1975).
- [2] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, United Nations, New York (1993.)
- [3] Frindik, O. Essentielle und toxische Inhaltsstoffe in der täglichen Gesamtnahrung. Bundesforschungsanstalt für Ernährung, BFE-Bericht R-83-02, 313 (1983).

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Veranstaltungen

#### **Sommerschule für Strahlenschutz Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Berlin, 9. bis 13. Juni 1997**

Vom 9. bis 13. Juni 1997 fand in Berlin das Seminar „Sommerschule für Strahlenschutz“ statt, aus organisatorischen Gründen diesmal in den Räumen des Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin. Veranstalter war wie in den vergangenen Jahren das Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V. Für das wissenschaftliche Konzept zeichnet das Programmkomitee verantwortlich, dem D. Borchardt, A. Kaul, W. Kraus und H. Rühle angehören.

In 20 Vorträgen und vier Fallstudien wurde den Teilnehmern der aktuelle Wissensstand über ausgewählte Themen auf dem Gebiet des Strahlenschutzes vermittelt. Dazu zählten u. a. die neuesten Erkenntnisse zum Strahlenrisiko durch ionisierende Strahlung und Strahlenschutzaspekte bei nichtionisierender Strahlung. Weitere Schwerpunkte waren Fragen der Strahlenexposition in der Röntgendiagnostik und der Nuklearmedizin sowie gesundheitliche Wirkungen in den betroffenen Regionen nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. Neben den Vorträgen zur Überwachung der Umweltradioaktivität wurden als weitere Themen die Stilllegung von Kernkraftwerken, das Problem des Transports und der Endlagerung radioaktiver Stoffe sowie Erfahrungen und Konsequenzen aus Notfallschutzübungen aufgenommen. Von besonderer Aktualität aus heutiger Sicht sind die neuen EURATOM-Grundnormen und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für das deutsche Strahlenschutzrecht. Sämtliche Vorträge werden in einem Kompendium, das vom H. Hoffmann Verlag (Berlin) herausgegeben wird, veröffentlicht. Darin sind auch Beiträge (zum Teil in einer überarbeiteten Fassung) aus früheren Veranstaltungen enthalten, die aber auch heute noch aktuell sind.

Die Hersteller von Strahlungsmeßgeräten hatten anlässlich des Seminars Gelegenheit, nicht nur ihre Produkte vorzustellen, sondern auch mit den Seminarteilnehmern angeregte Gespräche zu führen, und mit Fachleuten Erfahrungen auszutauschen.

#### **Überwachung der Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken. 463. Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz, Berlin, 23. bis 25. Juni 1997**

Das Seminar fand im Umweltbundesamt statt. Die wissenschaftliche Ausrichtung lag in den Händen des Fachbereiches Strahlenschutz des BfS. Die Veranstaltung richtete sich an die Betreiber von kerntechnischen Anlagen, die die Eigenüberwachung von radioaktiven Emissionen mit dem Abwasser durchführen und an amtliche Meßstellen der Bundesländer. Im Vordergrund des Seminars standen:

- Probleme bei der Anwendung von alpha-, beta- und gamma-spektrometrischen Meßverfahren,
- Methoden zur Bestimmung von Uran und Transuranen mittels Alpha-Spektrometrie,
- Methoden zur Bestimmung von Tritium, Strontium-89/90, Phosphor-32, Eisen-55 und Nickel-63,
- Nachweisgrenzen sowie Verfahren der laborinternen und laborexternen Qualitätskontrolle bei Radioaktivitätsmessungen,
- Gesetzliche Vorschriften bei der Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen.

#### **Radon und Trinkwasser Kolloquium des Radon-Dokumentations- und Informations- Zentrums Schlema e. V. (RADIZ) in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Strahlenschutz, Schlema, 2./3. Juli 1997**

Nachdem in den Jahren 1995 und 1996 jeweils ein Kolloquium zum o. g. Thema durchgeführt wurde, konnten die hierbei offen gebliebenen Fragen im Rahmen einer Veranstaltung von RADIZ in Zusammenarbeit mit der „Informationsstelle Schlema“ des BfS diskutiert werden. In 6 Vorträgen wurde ein zusammenfassender Überblick über das Thema „Radon und Trinkwasser“ gegeben, insbesondere wurde über langjährige Erfahrungen zur Untersuchung des Radongehaltes in Wasserwerksbetrieben des Erzgebirges und zur Überwachung der Strahlenexposition des Personals berichtet, da aufgrund der Strahlenschutzgesetzgebung in der ehemaligen DDR die Überwachung derartiger Arbeitsplätze vorgeschrieben war.

In der Abschlusdiskussion standen die Ausführungen der neuen „EURATOM-Grundnormen“ für den Schutz gegen die Gefahren ionisierender Strahlung (vom Mai 1996) im Vordergrund. Darin wird in bezug auf die Strahlenexposition durch „natürliche Strahlenquellen“ ausgeführt, daß auch solche Arbeitsplätze, bei denen eine erheblich erhöhte Exposition auf Grund natürlich radioaktiver Stoffe – wie z. B. Radon – gegeben ist, ggf. in entsprechende Überwachungsmaßnahmen einzubeziehen sind. Diese Bestimmungen müssen auch von der Bundesrepublik Deutschland bis spätestens zum 13. Mai 2000 in nationales Recht umgesetzt werden.

Die Kolloquiumsteilnehmer waren sich darin einig, daß das wesentliche Problem für Wasserwerksbetriebe sicher darin besteht, im Rahmen von Erhebungsmessungen festzustellen, inwieweit in den einzelnen Bereichen eine erheblich erhöhte Exposition der Beschäftigten gegeben ist. Hierzu wurden anlässlich der Tagungen Ausführungen gemacht und Meßgeräte

## Fachbereich Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Veranstaltungen

---

vorgestellt, wie die Radonkonzentration einerseits und die Exposition andererseits ermittelt werden kann.

Die Vorträge, die anlässlich der Tagungen 1995 und 1996 gehalten wurden, sind inzwischen im Heft 101 der Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Luft-hygiene e. V. veröffentlicht worden (Berlin, 1997).

---

#### **33. Berlin-Kolloquium, Bundesamt für Strahlenschutz, Außenstelle Berlin, 29. bis 31. Oktober 1997**

---

Das gemeinsam von den Fachbereichen ST und S vorbereitete Kolloquium wurde wieder in der Außenstelle Berlin des BfS durchgeführt. 60 eingeladene Experten aus 13 Ländern und der Kommission der

Europäischen Gemeinschaften diskutierten in der für diese Kolloquien typischen offenen und ungezwungenen Weise vier aktuelle Themen des Strahlenschutzes, die durch Übersichtsvorträge eingeleitet wurden.

Folgende Themenkomplexe wurden behandelt:

- Ausgewählte Probleme des Schutzes gegen nichtionisierende Strahlung: Gesetzliche Regelungen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern; Grundlagen der Verordnung über elektromagnetische Felder; Umsetzung in die Praxis,
- Grenzen und Anwendungsmöglichkeiten der biologischen Dosimetrie,
- Strahlenschutz bei natürlicherweise vorkommenden Strahlenquellen – Berufliche Strahlenexposition, insbesondere durch Radon: Arbeitsplätze mit

überwiegenden externen Expositionen und Strahlenexpositionen aus der Inhalation von Stäuben; Arbeitsplätze mit überwiegender Exposition durch Radon und Radonzerfallsprodukte; Probleme gesetzlicher Regelungen,

- Strahlenschutz bei Stilllegung von Kernanlagen, Regelungen für kontaminierten Schrott: Durchführung von Stilllegungen in Deutschland und ihre Bündelung im „Stilllegungsleitfaden“; Strahlenexposition des Personals bei der Stilllegung; Radioaktive Ableitungen; Beseitigung und Verwertung anfallender Stoffe.

Die ausländischen und deutschen Teilnehmer erhielten mit diesem Meinungs- und Erfahrungsaustausch zahlreiche Anregungen für die weitere Arbeit auf den diskutierten Gebieten.

## Fachbereich Strahlenschutz

### Internationale Zusammenarbeit

#### **Committee on Radiological Protection and Public Health (CRPPH) der NEA (OECD)**

W. Kraus

Vom 16. bis 17. April 1997 fand in Paris das 55. Jahrestreffen des CRPPH statt, das auf einer Sitzung des Bureaus am Tage davor vorbereitet wurde. Trotz deutlicher Reduzierungen des Budget der NEA und personeller Probleme in der für die Strahlenschutzfragen zuständigen Abteilung der NEA wurden die Arbeitsprogramme nicht gekürzt, sondern nur in wenigen Einzelfällen zeitlich verzögert.

Das ISOE-Programm, mit dem eine weltweit verfügbare Übersicht über die beruflichen Expositionen in Kernkraftwerken geschaffen wurde, bleibt eine der wichtigsten Aktivitäten der NEA auf dem Gebiet des Strahlenschutzes. Obwohl die geleistete Arbeit als sehr erfolgreich bewertet wurde, soll dennoch eine Expertengruppe gebildet werden, die weitere Möglichkeiten zur Verbesserung des Systems erarbeiten soll. Hauptziel ist eine verbesserte Nutzung der Datenbank durch die einzelnen Kernkraftwerke. Ebenso positiv wurden die intensiven Arbeiten der NEA auf dem Gebiet der nuklearen Unfallvorsorge bewertet. Die von einzelnen Mitgliedsländern organisierten Übungen im Rahmen von INEX II sind erfolgreich abgelaufen und haben wertvolle Anregungen zur Verbesserung der Notfallplanung erbracht. Weitere Übungen im Rahmen von INEX II werden in Kanada und Ungarn organisiert.

Die neugebildete Working Group on Science and Technology Affecting Radiation Protection (WGST), der der Berichterstatter angehört, hat ihre Arbeit erfolgreich aufgenommen. Das CRPPH wies die WGST darauf hin, sich auf wenige Aufgaben zu konzentrieren. Eine dieser Aufgaben ist eine Einschätzung des gegenwärtigen Standes der Kenntnis über die Strahlenwirkung im Niedrigdosisbereich und mögliche Konsequenzen für zukünftige Strahlenschutzregelungen. Zur Erarbeitung eines diesbezüglichen Arbeitspapiers wurde eine Untergruppe gebildet. – Die neu gebildeten Arbeitsgruppen über

soziale Aspekte des Strahlenschutzes sowie über ein integriertes Risiko-Management haben ebenfalls ihre Arbeit erfolgreich begonnen. Die Arbeitsgruppe über soziale Aspekte des Strahlenschutzes wird Anfang 1998 einen Workshop organisieren, auf dem ein erster Erfahrungsaustausch stattfinden soll. Die Arbeitsgruppe über integriertes Risiko-Management soll sich zunächst auf die Bewertung des Strahlenrisikos konzentrieren und danach in Fallstudien untersuchen, wie außer der Strahlung weitere Risiken bewertet werden sollten.

Kritisch wurde die von PARCOM angeforderte Studie über die radiologischen Konsequenzen verschiedener Kernbrennstoffzyklen mit unterschiedlicher Behandlung des abgebrannten Kernbrennstoffes vom CRPPH beurteilt. Da verschiedene Mitgliedsländer mit finanziellen Sonderzuwendungen diese Studie fördern, wurde beschlossen, trotzdem auf der Basis eines von einem Konsultanten angefertigten Berichtes mit der Bearbeitung der zweiten Phase des Projektes zu beginnen. – Der Überblick über Strahlenschutzprogramme und -lehrgänge an Universitäten wurde fertiggestellt und wird an die Mitgliedsländer verteilt.

Am 23. Oktober 1997 fand in Paris ein Zwischentreffen des Bureaus des CRPPH statt, auf dem der neue Generaldirektor der NEA, J. Echavari, sich vorstellte und wichtige Hinweise für die weitere Arbeit des CRPPH gab. Er erwartet, daß konkrete und praxisorientierte Arbeiten weiterhin den Schwerpunkt der Arbeit des CRPPH bilden. Besonders positive Beispiele sind dabei die Programme ISOE und INEX. Weitere Arbeitsvorhaben, die auf der nächsten Sitzung des CRPPH 1998 diskutiert werden sollen, wurden vom Bureau vorbereitet.

Die Working Group on Science and Technology (WGST) des CRPPH trat zweimal vom 5. bis 6. März 1997 in Paris und vom 9. bis 10. Oktober 1997 in Madrid zusammen. Beim ersten Treffen wurden die zukünftigen Aufgaben der Arbeitsgruppe diskutiert, die weit über die bisher im Vordergrund stehende Erarbeitung von Stellungnahmen zu Entwürfen von Publikationen der ICRP hinausgehen werden. Etwas umstritten waren die prioritären Ar-

beitsaufgaben der WGST und ihre Rolle gegenüber anderen Arbeitsgruppen des CRPPH. Hierzu erfolgten eindeutige Festlegungen.

Erster Schwerpunkt der Arbeit der WGST ist das von einer Untergruppe vorbereitete Arbeitspapier über die Zusammenfassung des gegenwärtigen Kenntnisstandes über die Wirkung niedriger Strahlendosen, in naher Zukunft zu erwartende Erkenntniszuwächse auf diesem Gebiet und damit absehbare mögliche Konsequenzen für die weitere Gestaltung praktischer und gesetzlicher Strahlenschutzmaßnahmen. Der Entwurf des Arbeitspapiers wurde intensiv diskutiert und wird auf der nächsten Sitzung dem CRPPH vorgelegt werden. – Andere Arbeitsprogramme der WGST sind die Auswertung einer Fragebogenaktion über die Verfügbarkeit und Reduzierung der Ressourcen für den Strahlenschutz in den OECD-Ländern, an deren Aussagen jedoch Zweifel angemeldet wurden. Eine weitere Arbeitsgruppe über Biomarker und Umweltdosimetrie wird unter der Leitung von R. Jones im Frühjahr 1998 nach Modifizierung ihrer Arbeitsschwerpunkte mit der Tätigkeit beginnen.

#### **EURETHOS: Einbeziehung der betroffenen Bevölkerung in Entscheidungsprozesse bei Strahlenschutz-interventionssituationen**

W. Kraus

Vom 7. bis 8. Oktober 1997 fand in Paris das erste Seminar der von der EU finanzierten Concerted Action „EURETHOS“ statt, das entsprechend den Entscheidungen über die Zielstellung des Gesamtprojektes beim ersten Treffen des Coordination Boards am 29. Januar 1997 in Fortenay-aux-Roses vorbereitet wurde. In dem Projekt soll versucht werden, auf der Basis exakter radiologischer Einschätzungen Maßnahmen zur Normalisierung des Lebens in den kontaminierten Gebieten zu erarbeiten, gleichzeitig jedoch die betroffene Bevölkerung dezentral in alle Entscheidungsprozesse einzubeziehen. Nur auf diese Weise kann wahrscheinlich in

## Fachbereich Strahlenschutz

### Internationale Zusammenarbeit

dauerhaft kontaminierten Gebieten ein normales Leben der Bevölkerung ohne Beeinträchtigungen der Sozialstruktur ermöglicht werden.

Auf dem ersten Seminar wurden verschiedene Ansätze zur Einschätzung der Strahlungssituation in kontaminierten Gebieten und die Kriterien, die bei Entscheidungen beachtet werden sollten, vorgestellt und diskutiert. Dabei werden nicht nur Gebiete betrachtet, die als Folge eines großen radiologischen Unfalls wie in Tschernobyl kontaminiert sind, sondern auch solche, die als Folge bergbaulicher Tätigkeiten, insbesondere des Uranerzbergbaus und der -verarbeitung, ein erhöhtes Strahlungsniveau aufweisen. Auf dem ersten Seminar wurden erfolgreiche und mißlungene Versuche vorgestellt, nicht nur eine Akzeptanz getroffener Entscheidungen in der Bevölkerung zu erreichen, sondern diese zu aktiven Handlungen zur Verringerung der eigenen Exposition zu motivieren und damit Bevölkerungsschichten, die mehr oder weniger hilflos einer scheinbar unbeeinflussbaren Situation ausgesetzt waren, zur aktiven Gestaltung des eigenen Lebens zu befähigen. Es wurden die Schwierigkeiten aufgezeigt, die einem solchen Ansatz im Wege stehen, insbesondere wenn Mißtrauen, Unkenntnis und Fehleinschätzungen in der Bevölkerung dominieren.

Schwerpunkte der Diskussion waren: Verbesserung des grundlegenden Verständnisses von Strahlenwirkungen und der Wege der Informationsvermittlung, Definition der Lebensqualität, Möglichkeiten, die Selbstverwaltung der lokalen Bevölkerung zu stärken und Entscheidungsprozesse zu dezentralisieren, ohne jedoch die ebenfalls notwendigen großräumigen Zusammenhänge und Vorgaben zu vernachlässigen, Verteilung von geeigneten Meßgeräten und deren Qualitätssicherung, stärkere Berücksichtigung der wirtschaftlichen Aspekte und der optimalen Verwendung verfügbarer Ressourcen angesichts der knapper werdenden staatlichen Finanzen. Im nächsten EURETHOS-Seminar sollen „Erfolgskriterien“ diskutiert und definiert werden, darunter auch die

Rolle einheitlicher Interventionsschwellwerte.

---

#### **Konsultantentreffen zur Erarbeitung eines IAEA Safety Guide on Occupational Radiation Protection**

---

*W. Kraus*

Ein weiteres Treffen der Konsultanten fand in Chilton vom 17. bis 19. Februar 1997 statt. Der 1996 erarbeitete und bereits weit fortgeschrittene Entwurf wurde inzwischen von der zentralen Beratergruppe der IAEA zur Erarbeitung des Gesamtsystems der Strahlenschutz-Sicherheitsstandards RASSAC diskutiert und kommentiert. Weitere Stellungnahmen kamen von allen bisher in die Vorbereitung des Safety Guides einbezogenen Experten sowie aus dem IAEA-Sekretariat. Es war erforderlich, alle diese Stellungnahmen bei der Erarbeitung eines weiteren Entwurfs des Safety Guides zu berücksichtigen. Weiterhin sollten mögliche Überschneidungen mit zwei weiteren in Vorbereitung befindlichen Safety Guides über die Bewertung äußerer und innerer Strahlenexpositionen abgeglichen werden. Die zahlreichen Änderungen am Entwurf fördern die Transparenz und Eindeutigkeit der Empfehlungen. Der erarbeitete Entwurf wird erneut RASSAC vorgestellt, wobei keine wesentlichen Änderungen mehr erwartet werden und somit ein weiteres Konsultantentreffen nicht erforderlich ist.

---

#### **IAEA Technical Committee Meeting on Radiation Protection and the Safe Management of Radioactive Waste during Operation of Nuclear Power Plants**

---

*W. Kraus*

Ein Safety Guide über den Strahlenschutz und die sichere Behandlung radioaktiver Abfälle während des Betriebes von Kern-

kraftwerken im Rahmen der NUSS-Serie der IAEA wurde auf einem Konsultantentreffen in Wien vom 10. bis 14. Februar 1997 vorbereitet. Nach Klärung wichtiger konzeptioneller Fragen (z. B. daß die Emission von radioaktiven Stoffen auf dem Luft- und Wasserpfad aus den Kernanlagen zur Behandlung radioaktiver Abfälle hinzugerechnet wird), wurde ein erster grober Entwurf dieser Richtlinie angefertigt. Etwas problematisch war bei der Arbeit, daß zum ersten Mal Dokumente zur Sicherheit von Kernkraftwerken erarbeitet werden sollten, die Positionen aus allen drei Teilbereichen Strahlenschutz, nukleare Sicherheit und Behandlung radioaktiver Abfälle, zusammenführen sollten.

Vom 16. bis 20. Juni 1997 fand in Wien ein Treffen eines Technischen Komitees statt, das diesen Entwurf des Safety Guides überarbeiten sollte. Der Vorsitz wurde dem Berichterstatter übertragen. Im Mittelpunkt der Überarbeitung des Entwurfes standen die Kapitel über die Optimierung des Strahlenschutzes, der Qualitätssicherung und Unfallplanung, Ausbildung, Freigabe schwach kontaminierter radioaktiver Stoffe, Emissionsüberwachung und Kontrolle der Umweltradioaktivität sowie Transport radioaktiver Stoffe. Obwohl der Standard sich nur auf den Betrieb von Kernkraftwerken bezieht, wurde in kurzen Abschnitten auf die Fragen der Instandsetzung und die Konstruktion neuer Anlagenteile eingegangen, die zum Teil als Folge von Betriebserfahrungen vorgenommen werden. Erweitert wurden Textteile zur Management-Struktur, zur Sicherheitspolitik und zu den speziellen Aufgaben, Rechten und Pflichten von Strahlenschutzabteilungen.

Zur Zeit ist noch offen, ob und in welchem der Komitees NUSSAC, RASSAC und WASSAC der Standard diskutiert werden wird, bevor er an die Mitgliedsländer zur Stellungnahme verschickt wird. Nach Meinung des Berichterstatters sind noch weitere substantielle Arbeitsschritte nötig, ehe der Entwurf reif zur Veröffentlichung ist. Diese Bearbeitungsschritte sollten jedoch abhängig vom Fortgang der Arbeit an anderen Sicherheitsstandards erfolgen.

## Fachbereich Strahlenschutz

### Internationale Zusammenarbeit

#### Treffen des Komitees 4 der ICRP

W. Kraus

Der Berichterstatter nahm als neugewähltes Mitglied des Komitees 4 der ICRP an der Sitzung vom 7. bis 11. September 1997 in Oxford teil. In Oxford trafen sich alle neu konstituierten Komitees der ICRP parallel mit der Hauptkommission. Das Komitee 4 hat die Aufgabe, die Umsetzung der grundlegenden Empfehlungen der ICRP in die praktische und regulatorische Strahlenschutzarbeit zu fördern. Die ausführliche Diskussion eines bereits fertiggestellten Berichtes der Hauptkommission über die Strahlenschutzpolitik bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle war wichtig in Vorbereitung eines der wichtigsten Tagesordnungspunkte, nämlich der Diskussion eines Entwurfes des Berichtes einer Task Group über die Strahlenschutzprobleme bei der Lagerung langlebiger fester radioaktiver Abfälle. Ein anderer Hauptpunkt war die intensive Diskussion des Entwurfes eines Berichtes einer anderen Task Group über die Prinzipien für den Schutz der Bevölkerung gegen chronische Expositionssituationen. Bei beiden Dokumenten sind noch prinzipielle konzeptionelle Probleme offen und müssen in weiteren Diskussionen geklärt werden.

Weniger kontrovers waren die Diskussionen anderer Arbeitspapiere über die genetische Suszeptibilität für die Entwicklung von Krebs und die Berücksichtigung des nuklearen Umweltschutzes zusätzlich zum dominierenden Schutzziel Mensch sowie eines Grundsatzpapiers der ICRP über die Arbeit der Kommission und ihrer vier Komitees. Unproblematisch war ferner eine Klassifizierung der ICRP-Publikationen zwecks Einschätzung ihrer weiteren Anwendbarkeit im praktischen Strahlenschutz.

Mit einem vom ICRP-Chairman, R. Clarke, vorgelegten Papier über kontrollierbare Dosen wurde erstmals der Versuch unternommen, die im gegenwärtigen System des Strahlenschutzes unübersehbaren Inkonsistenzen (geplante Anwendungen

und Interventionssituationen, Grenzwerte und quellenbezogene Optimierung, künstliche und natürliche Strahlenquellen) durch einen neuen Ansatz zu überwinden. Mit einer gestuften Ordnung hinsichtlich ihrer Akzeptanz unterschiedlich zu bewertender kontrollierbarer Dosen wird ein praktikableres und besser an Nutzen und Risiken von Strahlungsanwendungen angepaßtes System des Strahlenschutzes entwickelt. Zur weiteren Diskussion dieser revolutionären Vorschläge wurde eine Working Party des Komitees 4 gebildet. Bevor das neue Konzept in erweitertem Rahmen diskutiert werden kann, werden sicherlich noch einige intensive und kontroverse Diskussionen in Komitee 4 selbst stattfinden.

#### **IAEA Specialists Meeting on Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance: Implications for the Management of Radioactive Materials**

W. Kraus

In den Basic Standards der IAEA und anderer internationaler Organisationen wird unterschieden zwischen „exclusion“ (Ausschluß: Die Strahlenquellen sind im Prinzip unkontrollierbar und können deshalb keinen Regelungen unterworfen werden), „exemption“ (Freigrenze: Wegen eines trivial kleinen Risikos unterliegen die entsprechenden Quellen oder Tätigkeiten nicht den Strahlenschutzforderungen) und „clearance“ (Freigabe radioaktiver Stoffe aus genehmigter Tätigkeit, begründet ebenfalls durch ein trivial kleines Strahlenrisiko). Dabei ergeben sich Verbindungen zu Strahlenschutzforderungen bei der Handhabung niedrigaktiver Abfälle und zur Einführung von Strahlenschutzmaßnahmen bei Tätigkeiten, bei denen durch eine erhöhte natürliche Radioaktivität Strahlenexpositionen entstehen können.

Die seit Verabschiedung der Basic Safety Standards in vielen Ländern geführten

Diskussionen zur Einführung und Anwendung dieser Begriffe zeigen zahlreiche Inkonsistenzen und führen zu widersprüchlichen Forderungen. Außerdem gibt es große Probleme mit der Akzeptanz durch die Öffentlichkeit. Aus diesem Grunde veranstaltete die IAEA ein Spezialistentreffen vom 6. bis 9. Mai 1997 in Wien, bei dem die unterschiedlichen Standpunkte vorgestellt, gemeinsam diskutiert und, wenn möglich, Konsenspunkte gefunden werden sollten. Der Berichterstatter hat in einem Vortrag die auf diesem Gebiet vorhandenen Probleme bei der Einbeziehung der beruflichen Strahlenexposition gegen erhöhte natürliche Strahlung vorgestellt.

Auf der Tagung wurden alle Probleme ausführlich unter den verschiedensten Gesichtspunkten diskutiert. Unterschiedliche Standpunkte wurden klar dargestellt und ausführlich begründet. Der äußerst lebhafter Meinungsaustausch stets konstruktiv. Auch wenn, wie erwartet, nur bei einigen Problemen Lösungen in naher Zukunft möglich erscheinen, haben alle Teilnehmer neue Kenntnisse und Erkenntnisse für die weitere Arbeit gewonnen. Dies wird zweifellos zukünftige Entwicklungen auf diesem schwierigen Arbeitsfeld beschleunigen und die Erarbeitung allgemein akzeptierbarer Lösungen erleichtern. Für die weiteren Diskussionen in der Bundesrepublik, die mit der Umsetzung der EURATOM-Grundnormen in das deutsche Strahlenschutzrecht verbunden sind, sollte geprüft werden, auf welcher Stufe des Regelwerkes Freigabewerte, insbesondere für die Stilllegung von Kernanlagen, vorgegeben werden und wie sie gegen die ebenfalls vorzugebenden Freigrenzen abgesetzt werden. Es wäre insbesondere zu prüfen, ob für bestimmte Anwendungsgebiete spezifische Freigrenzen abgeleitet werden können, wobei die anzuwendenden Expositionsmodelle festgelegt werden müßten. Die gegenwärtigen Vorstellungen in der Bundesrepublik zur Einbeziehung der natürlichen Strahlung in das System des Strahlenschutzes entsprechen der Meinungsmehrheit auf dem Spezialistentreffen und sollten weiterentwickelt werden.

## Fachbereich Strahlenschutz

### Internationale Zusammenarbeit

---

#### **Concerted Actions im Rahmen des „Nuclear Fission Safety research and training pro- gramme“ der EU „Retrospectively Estimated Radon in Areas Affected by Uranium Mining Activities“ „European Research into Radon in Construction“**

---

P. Hamel

Das BfS ist auf der Grundlage eines Vertrages mit der „Commission of the European Communities“, DG XII Science, Research and Development, die koordinierende Institution einer Concerted Action „Retrospectively estimated radon in areas affected by uranium mining activities“ (CA „Retro“), in der mit Partnern von den Universitäten Dublin, Lund und Gent sowie vom Studienzentrum für Kernenergie Mol zusammengearbeitet wird. Die Partnerinstitutionen entwickeln und untersuchen im Rahmen eines EC-Forschungsprojektes „Retrospective Assessment of Radon Exposure (R.A.R.E.)“ spezielle Methoden zur retrospektiven Einschätzung der Radonsituation und der Exposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Wohngebäuden.

Ziel der CA „Retro“ ist es, zur Beurteilung der Anwendbarkeit, der Vorteile und der Grenzen der Methoden beizutragen. Besondere Bedeutung erlangt die CA „Retro“ unter dem Aspekt der sich nach erfolgreichem Abschluß der Arbeiten ergebenden Möglichkeit für die Validierung der in den derzeit bearbeiteten deutschen epidemiologischen Studien zur Ermittlung der Wirkung von Expositionen durch Radonzerfallsprodukte erhobenen Expositionsdaten für den Aufenthalt in alten Wohngebäuden.

1997 wurden auf einem Startmeeting in Schlemma die Arbeitsinhalte und -Schwerpunkte detailliert festgelegt. Anlässlich von „Contractors Meetings“ in Limoge/Frankreich und in Luxemburg konnten die ersten Arbeitsergebnisse und die daraus abzuleitenden weiteren Arbeitsschritte im Detail diskutiert und beschlossen werden.

Weiterhin ist das BfS als Partnerinstitution an einer vom britischen Building Research Establishment BRE organisierten Concerted Action „European research into radon in construction“ mit Partnern aus weiteren 17 europäischen Ländern beteiligt. Die in fünf Arbeitsgruppen verfolgte Zielstellung dieser CA ist der direkte Austausch von Kenntnissen, Erfahrungen und verfügbaren Materialien auf rechtlischem, technischem und normierendem Gebiet sowie die Koordinierung zukünftiger und, soweit zweckmäßig, gemeinsamer Aktivitäten auf dem Sektor Radon in Gebäuden zwischen den beteiligten Ländern mit der Absicht der Vermeidung von Doppelarbeit und der Nutzung von Synergieeffekten. Erklärte Zielstellung ist insbesondere der Erfahrungstransfer von den Ländern mit umfassender Erfahrung auf dem Gebiet in Richtung der bisher wenig oder nicht auf dem Gebiet tätigen Länder.

Bedeutung erhält die Mitarbeit in dieser CA besonders unter dem Aspekt des direkten Zuganges zu Informationen über bereits vorliegende oder auch in Bearbeitung befindliche Materialien zu technischen und rechtlichen Problemen sowie zu Normierungs- und Regelungsvorhaben als Unterstützung der derzeitigen Arbeiten zur Umsetzung europäischen Rechts und zur Regelung der Probleme erhöhter Radonkonzentrationen in Wohngebäuden sowie an Arbeitsplätzen in Gebäuden.

---

#### **ICRP Task Group „Protection Criteria for Chronic Exposures of the Public“**

---

S. Przyborowski

Aufgabe der Task Group ist die Erarbeitung eines Berichtes „Protection of the public in situations of chronic exposures to radiation“ für das Komitee 4 der ICRP, der eine Lücke in den Grundsatzempfehlungen der ICRP schließen soll.

In den beiden Sitzungen in diesem Jahr (10.–13. Juni 1997 in Wien, 22.–24. November in Sevilla) wurden die jeweils vorliegenden Entwürfe entsprechend den Hinweisen des Komitees 4 überarbeitet. Dabei wurde insbesondere eine straffere

Gliederung erreicht. Nach einem einleitenden Kapitel über relevante Strahlenschutzkonzepte und der Übersicht über chronische Expositionssituationen wird die Handhabung von chronischen Expositionssituationen innerhalb des Strahlenschutzsystems behandelt (Beschränkungen zu erwartender chronischer Exposition bei gegenwärtigen Praktiken, Reduzierung der existierenden chronischen Exposition durch Intervention). Der wichtige 3. Abschnitt soll komplementäre quantitative generische Kriterien für existierende chronische Expositionssituationen enthalten. Von dem ursprünglich geplanten Appendix über die Methoden der Abschätzung von chronischen Expositionen wird abgesehen, da die ICRP einen eigenständigen Bericht darüber plant. Auch ein Annex mit einer detaillierten Darstellung der Dosisgrößen soll entfallen.

Aufgrund der Dringlichkeit des Berichtes wird die Arbeit im kommenden Jahr mit schriftlichen Kommentierungen des Berichtes durch die Mitglieder der Task Group und des Komitees 4 sowie einer Vordiskussion in der Hauptkommission der ICRP fortgesetzt. Schließlich soll in einem weiteren Task Group Meeting der Endbericht fertiggestellt werden, der noch 1998 vom Komitee 4 verabschiedet werden soll.

---

#### **IAEA Advisory Group „Minimum National Infrastructure for Uranium Mining and Milling to Assure Radiation Pro- tection and Safe Management of Waste“**

---

S. Przyborowski

Das Meeting der Advisory Group (Experten aus 10 Staaten unter der Leitung von Crouch, Australien) fand vom 1. bis 4. Mai 1997 in Wien statt. Die Aufgabe der Advisory Group war, den von Konsultanten und dem IAEA-Sekretariat erarbeiteten Entwurf eines Berichtes zu „Minimum National Infrastructure Requirements for Uranium Mining and Milling to Assure Radiation Protection and Safe Management of Waste“ für eine Veröffentlichung als IAEA-



## Fachbereich Strahlenschutz

### Internationale Zusammenarbeit

TECDOC zu revidieren und zu ergänzen. Eine minimale nationale Infrastruktur ist erforderlich, damit Förderprogramme der IAEA wirksam werden können.

Die Minimalanforderungen an eine nationale Infrastruktur werden dem Ausmaß des vorliegenden Problems angepaßt: U-Exploration, kleine Aufbereitungs-Pilotanlagen, Forschungsaktivitäten (Class X: Exploration), aktiver U-Bergbau/Aufbereitung einschließlich geplanter Stilllegung (Class P: Production), Arbeiten für die Reduzierung der Strahlenexposition aus hinterlassenem radioaktivem Material aus vergangenen oder gegenwärtigen Explorations-, Abbau- und Aufbereitungsoperationen (Class R: Remedial Actions). Die Entscheidung über die Notwendigkeit von Sanierungen sollte aufgrund des großen Volumens des hinterlassenen radioaktiven Materials im wesentlichen eine staatliche Entscheidung sein, die sich auf die Einschätzung der vorliegenden Situation durch eine Behörde oder Beratergruppe stützt. Eine gesetzliche Basis für die Durchsetzung von Sanierungen wird auf jeden Fall für erforderlich gehalten.

Es ist geplant, den Bericht der Advisory Group durch das IAEA-Sekretariat fertigzustellen und ihn nochmals von den Mitgliedern der Advisory Group schriftlich kommentieren zu lassen. Nach Einarbeitung dieser Kommentare durch das IAEA-Sekretariat oder gegebenenfalls durch Konsultanten soll der Bericht voraussichtlich noch 1997 veröffentlicht werden.

#### **IAEA Consultants` Meeting „Development of Appropriate Plans for the Radioactive Waste Safety Standards Series in the Area of Environmental Restoration“**

S. Przyborowski

Das Konsultantentreffen fand vom 8. bis 10. September 1997 in Wien statt. Es sollte die IAEA bei der Planung für die „Radioactive Waste Safety Standard Series“ auf dem Gebiet der Umweltsanierung unterstützen. Dabei sollten die existierenden

Pläne für die zu erstellenden Dokumente auf ihre Eignung überprüft sowie Hinweise über den Inhalt der geplanten Dokumente erarbeitet werden.

Es wurde vorgeschlagen, für das Problem „Rehabilitation of contaminated areas“ ein Safety Requirements Document sowie 3 Safety Guides (Anwendung der Prinzipien, Kontaminationen großer Flächen, bergbauliche Hinterlassenschaften) zu erarbeiten. Für die geplanten 4 Dokumente wurden von den Konsultanten sogenannte „Document Preparation Profiles“ erarbeitet, die insbesondere deren Geltungsbereich und Inhalt sowie die Relation zu anderen Dokumenten betreffen.

Alle diesbezüglich geplanten Aktivitäten beziehen sich auf ein Gebiet, das eine Schnittstelle zwischen den Problemkreisen „Radiation Safety Standards“ und „Waste Safety Standards“ darstellt. Eine Beurteilung der Vorschläge für die Erarbeitung der Papiere durch beide Komitees (RASSAC und WASSAC) ist deshalb unbedingt erforderlich.

#### **Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks im Rahmen der „Oslo and Paris Commissions (OSPAR)“**

S. Mundigl

Deutschland hat als Nordseeanrainerstaat das „Übereinkommen zum Schutze der Meeresumwelt des Nordostatlantiks“ (Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic) unterzeichnet und ratifiziert. Grundziele dieses Übereinkommens sind,

- Verschmutzungen zu verhüten und zu beseitigen,
- das Meeresgebiet vor nachteiligen Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten zu schützen,
- Meeresökosysteme zu erhalten und,
- soweit durchführbar, beeinträchtigte Meereszonen wiederherzustellen.

Zur Bearbeitung der anstehenden Probleme wurde eine Kommission eingesetzt –

die „Oslo and Paris Commissions (OSPAR)“.

Die Facharbeit dieser Kommission wird thematisch in Arbeitsgruppen aufgeteilt. Die „Working Group on Radioactive Substances (RAD)“ erarbeitet Programme und Maßnahmen:

- zur Vorbeugung und Beseitigung der Verschmutzung der Meeresumwelt durch anthropogene Ableitungen radioaktiver Substanzen (einschließlich Abfall),
- zur Reduzierung oder Eliminierung radioaktiver Ableitungen in die Meeresumwelt durch die Anwendung der „Besten zur Verfügung stehenden Technologie“.

Eine der Hauptaufgaben dieser Arbeitsgruppe ist derzeit die Festlegung von Zielen in Bezug auf die Reduktion, Eliminierung und Vorbeugung der Belastung der Meeresumwelt mit radioaktiven Stoffen. Dieses Reduzierungsziel für die Ableitung radioaktiver Stoffe in das Konventionsgebiet soll Teil einer gemeinsamen Erklärung der Minister der Unterzeichnerstaaten werden. Die Erklärung wird bei dem Jahrestreffen der Kommission im Juli 1998 unterschrieben. Der Entwurf dieser Zielsetzung enthält unter anderem die Forderung nach einer kontinuierlichen Reduktion von Einträgen radioaktiver Stoffe in die Meeresumgebung, mit dem letztendlichen Ziel einer Strahlenbelastung nahe den Untergrundwerten. Eine Strategie zur Umsetzung dieser Zielsetzung wird derzeit erarbeitet.

Die „Working Group on Radioactive Substances (RAD)“ tagte vom 21. bis 24. Januar 1997 in Den Haag unter dem Vorsitz des Berichterstatters. Vom 14. bis 18. April 1997 fand ebenfalls in Den Haag das Treffen des „Programmes and Measures Committee (PRAM)“ statt. Diese Sitzung faßt die Ergebnisse und Beschlüsse mehrerer thematischer Arbeitsgruppen, darunter auch die „Working Group on Radioactive Substances (RAD)“, für eine gemeinsame Berichterstattung an OSPAR zusammen. Das Jahrestreffen der „Oslo and Paris Commissions (OSPAR)“ vom 2. bis 5. September 1997 legte im Zusammenhang mit der Arbeit zu „Radioaktiven Stoffen“ eine vorläufige Zielsetzung fest,

## Fachbereich Strahlenschutz

### Internationale Zusammenarbeit

die jedoch, wie bereits oben erwähnt, erst beim nächsten Jahrestreffen der Kommission 1998 unterzeichnet werden soll.

OSPAR 1997 berief zudem eine kleine Gruppe von Mitgliedstaaten, die, unter Vorsitz des Berichterstatters, einen Textentwurf für eine Strategie zur Umsetzung des Ziels in Bezug auf radioaktive Stoffe erarbeiten soll. Diese Arbeitsgruppe legte nach ihrer Sitzung am 30./31. Oktober 1997 in London einen entsprechenden Textentwurf vor. Dieser wird bei der nächsten Sitzung der „Working Group on Radioactive Substances (RAD)“ im Jahre 1998 weiter diskutiert.

#### **10th Regular Workshop on Mobile Radiological Laboratories**

*Ch. Brummer, A. Deller*

Seit 1991 beteiligten sich Meßteams des BfS an internationalen Workshops, bei denen sich mobile Umweltmeßlabors vor allem mit der In-situ-Gammaspektrometrie beschäftigen. Diese Treffen stellen aufgrund der Besonderheiten der für die In-situ-Spektrometrie verwendeten Meß- und Auswertverfahren ein wichtiges Forum zum Erfahrungsaustausch und ein unerläßliches Instrument zur Qualitätskontrolle dar.

Das diesjährige Treffen, an dem sich achtzehn Meßteams aus Österreich, Belgien, Kroatien, der Tschechischen Republik, Ungarn, der Slowakei, Slowenien, der Schweiz und Deutschland beteiligten, fand vom 6. bis 10. Oktober in Gordola, Schweiz statt. Das BfS war durch ein Meßteam (Ch. Brummer, A. Deller, BfS Neuherrberg) vertreten.

Im Rahmen der durchzuführenden Vergleichsmessungen lag ein Schwerpunkt auf der Bestimmung der massenspezifischen Aktivität natürlicher Radionuklide im Boden und der flächenspezifischen Aktivi-

tät künstlicher Radionuklide. Hierzu wurden Messungen in zwei Gebieten mit stark unterschiedlichen Tiefenverteilungsprofilen von Cs-137 durchgeführt. Während sich im Meßgebiet am St. Bernardino-Pass das Radionuklid Cs-137 fast ausschließlich in den obersten Bodenschichten befand, lag in einer Überschwemmungsfläche im Raum Gordola eine nahezu homogene Tiefenverteilung vor. An beiden Standorten war die Ortsdosisleistung zu messen. Zusätzlich mußten von allen nachgewiesenen Radionukliden die Beiträge zur Ortsdosisleistung berechnet werden.

Übungen zum Aufspüren und Analysieren „verlorener“ radioaktiver Quellen stellten einen zweiten Aufgabenschwerpunkt dar. Hierbei waren zwei spezielle Aufgaben zu bearbeiten:

- Auffinden von „verlorenen“ Quellen entlang eines markierten Parcours. In einer vorgegebenen Zeit waren die genauen Quellpositionen zu bestimmen und Messungen der Ortsdosisleistungen vorzunehmen.
- Messung an einer unbekanntem, im Boden vergrabenen Quelle. Zu bestimmen war das Radionuklid (Ra-226), die Bodentiefe (51 cm) sowie die Aktivität der Quelle (30 MBq).

Alle Messungen waren unverzüglich vor Ort auszuwerten und die Ergebnisse dem Veranstalter mitzuteilen. So war es dem Veranstalter möglich, den Teilnehmern bereits am letzten Tag der Veranstaltung eine Auswertung der Vergleichsmessung zu präsentieren. In einem im November 1997 erschienenen Zwischenbericht sind alle Ergebnisse der Meßkampagne dokumentiert. Das Meßteam des BfS erzielte bei allen Aufgabenstellungen gute Resultate.

Ein Abschlußbericht mit einer ausführlichen Diskussion der Ergebnisse steht derzeit noch aus.

#### **Mitwirkung bei der International Standard Organisation (ISO) bei der Neufassung (Fortschreibung) der ISO-Norm 2889 „General Principles for Sampling Airborne Radioactive Materials“**

*K. Vogl*

Die ISO-Norm 2889 „General Principles for Sampling Airborne Radioactive Materials“ aus dem Jahr 1975 ist bezüglich des Verfahrenskonzeptes und des technischen Standes veraltet. Bei der zur Zeit durchgeführten Neufassung ist neben Mitgliedern aus den USA, Japan, Frankreich, Italien und Polen auch ein Angehöriger des Bundesamtes für Strahlenschutz als deutscher Vertreter beteiligt. Als Neuerungen gegenüber der bestehenden Norm sind dabei besonders umfangreiche Hinweise und Literaturstellen zur rechnerischen Abschätzung der Abscheideverluste und die geänderte Herangehensweise für eine repräsentative Probenentnahme, die insbesondere eine Homogenisierung der Verteilungen von Aktivität und Strömungsgeschwindigkeit und eine Reduzierung der Anzahl der Probenentnahmesonden vorsieht, zu nennen. Neben der Mitwirkung an Beiträgen und Formulierungen zu den oben genannten Punkten besteht die Hauptaufgabe des deutschen Vertreters besonders darin, zu verhindern, daß von amerikanischen Verhältnissen ausgehende Vorschriften, wie z. B. schrittweise an das Gefährdungspotential angepaßte Probenentnahmeverfahren, als Vorschriften in die Norm eingehen, und andererseits darauf zu achten, daß die besonderen Bedingungen bei europäischen und deutschen kerntechnischen Anlagen bei der Fassung der Norm berücksichtigt werden. Mit Fertigstellung der ISO-Norm 2889 ist aufgrund des umständlichen Verfahrens in etwa zwei Jahren zu rechnen.

## Fachbereich Strahlenschutz

### Internationale Zusammenarbeit

---

#### **Konsultantentreffen: „International Registry of Contaminated Sites“, Wien, 6. bis 9. Oktober 1997**

---

K. Gehrcke

Im Jahre 1996 wurde von der IAEA ein Fragebogen an die Mitgliedsländer mit dem Ziel versandt, ein „International Registry of Contaminated Sites“ aufzubauen. Die Resonanz auf diesen Fragebogen war unbefriedigend. Es stellte sich die Frage, ob das Projekt weiter verfolgt werden sollte und wenn ja, in welcher Weise. Hierzu sollten die Konsultanten eine Empfehlung erarbeiten. Im wesentlichen sollten folgende Fragestellungen bearbeitet werden:

- Überprüfung und Definition der Zielstellung und des Gesamtrahmens eines solchen Registers,
- Empfehlungen hinsichtlich des weiteren Vorgehens,
- Definition der Methoden zur Erhebung der Daten,
- Empfehlungen zum zeitlichen Rahmen der Projektbearbeitung,
- Empfehlungen zur zweckmäßigen Verwendung der eingeplanten finanziellen Mittel.

Im Ergebnis der Diskussionen empfahlen die Konsultanten die Fortführung des Pro-

jektes und eine zeitliche Staffelung bei der Bearbeitung. In einem ersten Schritt sollte auf der Basis gegenwärtig bereits verfügbarer Informationen ein solches Register kontaminierter Standorte mit dem Ziel erstellt werden, ein Instrument zur Förderung des Erfahrungsaustausches auf den Gebieten der Beschreibung, Bewertung und Sanierung von kontaminierten Flächen bereitzustellen.

Langfristig sollte das Ziel die Schaffung eines möglichst kompletten Überblicks über kontaminierte Gebiete in der Welt sein, um die Einflußnahme der IAEA auf die Lösung daraus resultierender Strahlenschutz- und Umweltprobleme im globalen Rahmen zu ermöglichen. Dieses Ziel setzt allerdings eine einheitliche, weltweit akzeptierte Definition des Begriffes „radioaktiv kontaminierter Standort“ voraus. Die IAEA plant weitere Aktivitäten zur Beantwortung dieser Frage.

#### **EG-Projekt „Naturally Occuring Radioactive Materials (NORM)“**

---

G. Henze

Im Rahmen des von der Europäischen Union finanzierten Projektes „Naturally Occuring Radioactive Materials (NORM)“ wurde das belgische Studiecentrum voor Kernenergie SCK · CEN beauftragt, sol-

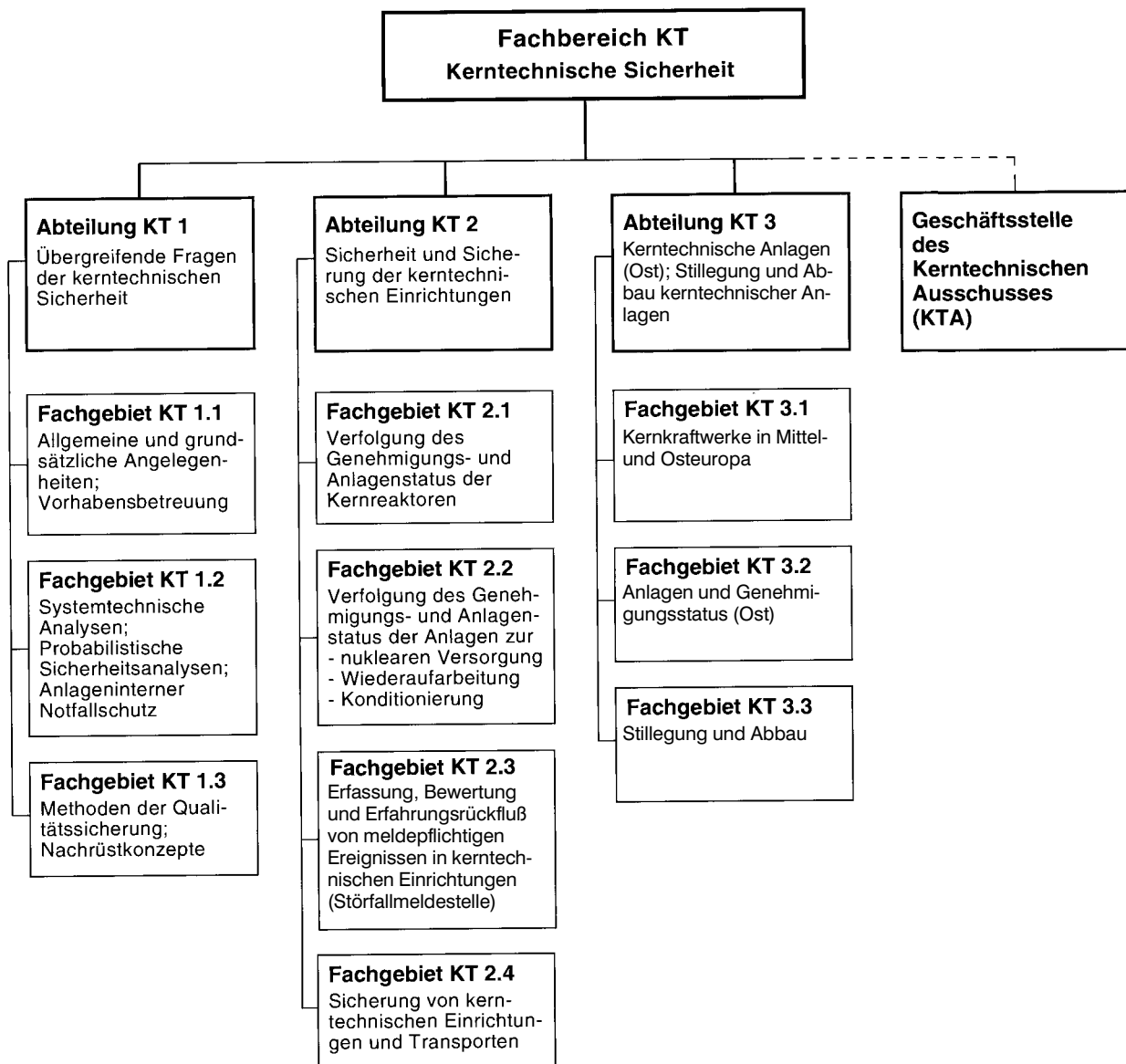
che Standorte in Europa zu erfassen und zu bewerten, die infolge wirtschaftlicher Nutzung eine erhöhte natürliche Radioaktivität aufweisen. Dabei wird unterschieden in Standorte des Uranabbaus und der -aufbereitung, der Metallgewinnung und -verhüttung, des Kohlebergbaus, der Energiegewinnung, der Phosphatindustrie, der Radium- und Thoriumindustrie, der Erdöl- bzw. Erdgasförderung und der Erdölraffinerie, des Recyclings von Bauschutt und zirkonhaltigen Produkten, der Verarbeitung von Seltenen Erden und der Leichtmetallgewinnung und -verhüttung.

In Zusammenarbeit mit SCK · CEN hat das BfS jeweils typische Standorte des Steinkohlebergbaus (Freital/Sachsen) und des Kupferschieferabbaus bzw. der -verhüttung (Mansfeld/Sachsen-Anhalt) ausgewählt, die Untersuchungsergebnisse des Projektes „Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten (Altlastenkataster)“ ausgewertet und diejenigen Informationen und Parameter aufbereitet, die im Rahmen des o.a. Projektes erfaßt und der Bewertung zugrunde gelegt werden. Das Projekt NORM wird bis zum Ende des Jahres 1998 abgeschlossen.

Vakatseite

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit



Vakatseite

# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Bericht des Fachbereichs

Das Tätigkeitsfeld des Fachbereichs Kerntechnische Sicherheit beinhaltet ein breites Spektrum von Themen, die in engem Zusammenhang mit Aufgaben und Verantwortung des Bundes auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit stehen. Dabei fließen die Arbeitsergebnisse des Fachbereiches in die Erarbeitung von bundeseinheitlichen Richtlinien ein und dienen der Unterstützung des BMU bei der Wahrnehmung der Bundesaufsicht über den Vollzug des Atomgesetzes.

Der Fachbereich bearbeitet Fragestellungen der Genehmigung und der Aufsicht über den Betrieb von Kernkraftwerken, Forschungsreaktoren und Anlagen des nuklearen Brennstoffkreislaufs. Die Störfallmeldestelle wurde eingerichtet, um eine Erfassung und Bewertung von meldepflichtigen Ereignissen vorzunehmen.

Zur Unterstützung des BMU in Fachfragen vergibt und betreut der Fachbereich Untersuchungsaufträge auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit mit dem Ziel, den aktuellen Erkenntnisstand zu ermitteln.

Der Fachbereich KT unterstützt das BMU auch bei der Zusammenarbeit mit anderen Staaten auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit. Schwerpunkt der fachlichen Mitwirkung des Fachbereichs bildet hierbei zum einen die Mitarbeit in Arbeitsgruppen und Gremien der internationalen Organisationen IAEA, OECD/NEA und EU, zum anderen wird Zuarbeit für die auf bilateraler Ebene bestehenden Kommissionen und Ausschüsse zum gegenseitigen Informationsaustausch geleistet.

Weiterhin arbeitet der Fachbereich KT bei der Erstellung des von der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen des IAEA-Übereinkommens zur nuklearen Sicherheitskonvention vorzulegenden Berichtes mit.

Der Fachbereich Kerntechnische Sicherheit ist in drei Abteilungen gegliedert. Organisatorisch ist dem Fachbereich die Geschäftsstelle des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) zugeordnet.

---

### Abteilung KT 1 Übergreifende Fragen der kerntechnischen Sicherheit

---

Aufgabenfelder und Tätigkeitsbereiche der Abteilung KT 1 betreffen überwiegend generische und anlagenübergreifende Fragestellungen der Reaktorsicherheit. Dabei nehmen derzeit die Themenfelder der probabilistischen Sicherheits- und Risikoanalyse einschließlich ihrer methodischen Weiterentwicklung und der Erstellung geeigneter Bewertungsmaßstäbe, Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes (Accident Management), Anforderungen an neue Reaktorkonzepte, Fragestellungen zur Qualitätssicherung und zur Schnittstelle Mensch-Maschine eine vorrangige Stellung ein. Wesentliches Gewicht hatten in der Abteilung KT 1 konzeptionelle Arbeiten zur Erstellung von Leitfäden für die periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) von Kernkraftwerken, die sowohl deterministische als auch probabilistische Elemente des Sicherheitsnachweises enthalten.

Einen hohen Stellenwert besitzt in der Abteilung KT 1 die Koordinierung, Initiierung und fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben des BMU, in denen Grundlagen zu den oben genannten Fragestellungen für ihre Umsetzung in Regeln und Richtlinien erarbeitet werden.

Die Bearbeitung dieser Aufgaben erfolgt in drei Fachgebieten.

In den Aufgabenbereich des Fachgebiets KT 1.1 **Allgemeine und grundsätzliche Angelegenheiten; Vorhabensbetreuung** fallen

- Unterstützung bei der Koordinierung der Ressortforschungsvorhaben des BMU,
- Betreuung und halbjährliche Fortschreibung des Handbuchs für Reaktorsicherheit und Strahlenschutz,
- Erfassung grundsätzlicher Sicherheitsanforderungen an zukünftige Reaktoren und

- Unterstützung des BMU bei der bilateralen und multinationalen Zusammenarbeit.

Aufgabenschwerpunkte des Fachgebiets KT 1.2 **Systemtechnische Analysen; Probabilistische Sicherheitsanalysen; Anlageninterner Notfallschutz** sind

- Systemanalysen, Sicherheitsanalysen, insbesondere probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) zur Beurteilung der kerntechnischen Sicherheit, zum Beispiel im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ),
- Maßnahmen zur Verhinderung und Eindämmung von Unfallfolgen (anlageninterner Notfallschutz) und Mitwirkung bei der Erarbeitung und Formulierung bundeseinheitlicher Maßstäbe,
- Unterstützung des BMU bei der Erstellung von Leitfäden und bei der Durchführung der Bundesaufsicht über das Handeln der Landesbehörde auf den Gebieten PSA, PSÜ und anlageninterner Notfallschutz,
- Unterstützung des BMU im Hinblick auf das Zusammenwirken von anlageninternem Notfallschutz mit dem behördlichen Katastrophenschutz und
- Unterstützung des BMU bei der regionalen regulatorischen multinationalen Zusammenarbeit (insbesondere CNRA/CSNI).

Zu den Aufgabenschwerpunkten des Fachgebiets KT 1.3 **Methoden der Qualitätssicherung; Nachrüstkonzepte** gehören

- Einfluß des menschlichen Verhaltens auf die Sicherheit von Kernkraftwerken (Ergonomiefragen, menschliche Faktoren),
- Methoden und Verfahren zur Qualitätssicherung bei Errichtung und Betrieb kerntechnischer Einrichtungen,
- Erfassung der Erfahrungen bei der Alterung kerntechnischer Einrichtungen und
- Methoden und Verfahren bei der Nachrüstung kerntechnischer Einrichtungen.

# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Bericht des Fachbereichs

### Abteilung KT 2 Sicherheit und Sicherung der kerntechnischen Einrichtungen

Der Aufgabenbereich dieser Abteilung umfaßt die Unterstützung des BMU bei der Zweckmäßigkeitssaufsicht über die Genehmigungs- und Aufsichtstätigkeit der Länder, die Erfassung und Dokumentation des Genehmigungs- und Anlagenstatus von Reaktoren und Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs, die Erfassung, Bewertung und Dokumentation von meldepflichtigen Ereignissen in kerntechnischen Anlagen, sowie die fachliche und meßtechnische Unterstützung der zuständigen Bundes- und Landesbehörden auf dem Gebiet der nuklearen Nachsorge. Soweit erforderlich, erfolgt eine Vertiefung der fachlichen Arbeit durch Initiierung, Betreuung und Bewertung von Untersuchungsvorhaben auf den oben genannten Gebieten.

An der Arbeit des Länderausschusses für Atomkernenergie ist die Abteilung KT 2 durch Mitarbeit in den Fachausschüssen Reaktorsicherheit sowie Brennstoffkreislauf und in den Arbeitskreisen Aufsicht/Reaktorbetrieb, Genehmigung/Betrieb von Brennstoffkreislaufanlagen, Forschungsreaktoren und Stilllegung beteiligt.

Die Abteilung besteht aus vier Fachgebieten.

Aufgabenschwerpunkte des Fachgebietes  
KT 2.1 **Verfolgung des Genehmigungs- und Anlagenstatus der Kernreaktoren** sind

- Erfassung und Dokumentation des Genehmigungs- und Anlagenstatus der Kernkraftwerke und Forschungsreaktoren einschließlich ihres aktuellen Errichtungs- und Betriebsstatus,
- Erfassung und Dokumentation der technischen, organisatorischen und administrativen Vorkehrungen und Vorschriften für den anlageninternen Notfallschutz in den kerntechnischen Einrichtungen,
- Verfolgung der PSÜ der Kernkraftwerke einschließlich der Erfassung und Dokumentation des Nachrüststatus im

Vergleich zum neuesten Stand von Wissenschaft und Technik und

- Unterstützung des BMU bei der bundeseinheitlichen Anwendung sicherheitstechnischer Vorgaben.

Im Fachgebiet KT 2.2 **Verfolgung des Genehmigungs- und Anlagenstatus der Anlagen zur nuklearen Versorgung, Wiederaufarbeitung und Konditionierung** konzentrieren sich die Aufgabenschwerpunkte auf

- Erfassung und Dokumentation des Genehmigungs- und Anlagenstatus dieser Anlagen einschließlich ihres aktuellen Errichtungs- und Betriebsstatus,
- Unterstützung des BMU bei der bundeseinheitlichen Anwendung sicherheitstechnischer Vorgaben,
- Erfassung, Dokumentation und Bewertung von meldepflichtigen Ereignissen in Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs als Zuarbeit für die Störfallmeldestelle und
- Verfolgung und sicherheitstechnische Bewertung der Stilllegungsverfahren für Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs.

Das Fachgebiet KT 2.3 **Erfassung, Bewertung und Erfahrungsrückfluß von meldepflichtigen Ereignissen in kerntechnischen Einrichtungen (Störfallmeldestelle)** bearbeitet in erster Linie

- Erfassung und Dokumentation von meldepflichtigen Ereignissen in Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren,
- Erstbewertung zur Einstufung der meldepflichtigen Ereignisse in kerntechnischen Anlagen der Bundesrepublik Deutschland für das BMU,
- Erstellung und Verbreitung regelmäßiger Berichte zu meldepflichtigen Ereignissen in kerntechnischen Anlagen der Bundesrepublik Deutschland, einschließlich Mitwirkung bei der Unterbringung der Öffentlichkeit,
- Pflege und Bearbeitung der Ereignisdatenbanken und
- Auswertung von Betriebserfahrungen aus Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren der Bundesrepublik Deutschland.

Das Fachgebiet KT 2.4 **Sicherung von kerntechnischen Einrichtungen und Transporten** befaßt sich schwerpunktmäßig mit

- Unterstützung des BMU bei der Erstellung bzw. Überarbeitung von Richtlinien zur Sicherung von ortsfesten Anlagen und Transporten,
- der Auswertung sicherungsrelevanter Ereignisse in kerntechnischen Einrichtungen und bei Transporten im In- und Ausland,
- der Bereithaltung und Betreuung der Geräte zur meßtechnischen Unterstützung der zuständigen Bundes- und Landesbehörden (in Amtshilfe) entsprechend dem Bund-Länder-Konzept zur Bewältigung von nuklearen Nachsorgefällen (nuklearspezifische Gefahrenabwehr),
- der fachlichen Beratung von Bundes- und Landesbehörden in nuklearen Nachsorgefällen,
- dem Bereitschaftsdienst zur nuklearen Nachsorge im Zusammenhang mit der Sicherstellung von illegal gehandeltem radioaktiven Material,
- der Erarbeitung von Konzepten für nukleare Nachsorgefälle und
- die Bearbeitung des Handbuchs und zugehöriger Stofflisten für nukleare Nachsorgefälle.

### Abteilung KT 3 Kerntechnische Anlagen (Ost); Stilllegung und Abbau kerntechnischer Anlagen

Diese Abteilung bearbeitet Fragen der Stilllegung und des Abbaus von Kernkraftwerken, Forschungsreaktoren sowie von Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufes in Deutschland; sie befaßt sich mit Fragen der kerntechnischen Sicherheit von Kernreaktoren und Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufes in der Gemeinschaft Unabhängiger Staaten (GUS) und in den Mittel- und Ost-Europäischen Staaten (MOES). Zudem wirkt sie an der internationalen Re-



# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Bericht des Fachbereichs

gebung auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit mit.

Die Aufgabenschwerpunkte der Abteilung bestehen in der:

- Unterstützung des BMU bei der Zweckmäßigkeitssaufsicht über Stilllegung, sicheren Einschluß und Abbau von Kernreaktoren und Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs,
- Unterstützung des BMU bei der Zweckmäßigkeitssaufsicht über die Genehmigungs- und Aufsichtstätigkeit der Länder hinsichtlich der Sicherheit von Kernreaktoranlagen und Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs in den neuen Bundesländern,
- Erfassung, Dokumentation und Bewertung von Ereignissen in kerntechnischen Anlagen der GUS und den MOES und Unterstützung des BMU bei der Umsetzung dieser Erkenntnisse,
- Zusammenstellung und Auswertung der Bau- und Betriebserfahrungen für Ost-Reaktoren und Bewertung von Maßnahmen zur Erhöhung der kerntechnischen Sicherheit in Anlagen der GUS und der MOES,
- Ausarbeitung und Unterbreitung von Vorschlägen für sicherheitstechnische Anforderungen an von der Bundesrepublik Deutschland zu unterstützende Verbesserungsmaßnahmen sowie Berichterstattung zum Stand von Wissenschaft und Technik der Kernkraftwerke in der GUS und den MOES,
- Unterstützung des BMU bei der Erstellung von nuklearen Sicherheitsstandards bei der IAEO.

Das Fachgebiet KT 3.1 **Kernkraftwerke in Mittel- und Ost-Europa**, befaßt sich schwerpunktmäßig mit:

- grundsätzlichen Fragen und Vergleichen der Sicherheit von Kernkraftwerken mit Reaktoren der Typen WWER und RBMK sowie von osteuropäischen Forschungsreaktoren mit westlichen Kernkraftwerken,
- der Bewertung von Vorschlägen für sicherheitserhöhende Maßnahmen und der Erarbeitung anlagenspezifischer Sicherheitsanforderungen zur Verbes-

serung des Sicherheitsniveaus der Reaktoren in der GUS und den MOES,

- der Unterstützung des BMU bei der Durchführung von Programmen zur Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit in der GUS und den MOES sowie bei der Zusammenarbeit mit den Aufsichts- und Genehmigungsbehörden in diesen Ländern.

Das Fachgebiet KT 3.2 **Anlagen- und Genehmigungsstatus (Ost)** bearbeitet in erster Linie:

- die Erfassung und Bewertung von Konsequenzen aus besonderen Ereignissen und anderen Betriebserfahrungen in Ost-Anlagen, Empfehlungen zur Umsetzung von gewonnenen Erkenntnissen und Unterstützung des BMU beim Durchführen entsprechender Maßnahmen,
- übergeordnete Fragen der Sicherheit und des Strahlenschutzes in Ost-Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs,
- die Erfassung und Bewertung des Genehmigungs- und Anlagenstatus sowie der technischen, organisatorischen und administrativen Vorkehrungen und Regelungen für den Notfallschutz kerntechnischer Anlagen,
- Beiträge zum internationalen Regelwerk der IAEO für die kerntechnische Sicherheit.

Das Fachgebiet KT 3.3 **Stilllegung und Abbau** ist zuständig für die:

- Zusammenstellung und Auswertung von wissenschaftlich-technischen Unterlagen zu Grundsatzfragen der Stilllegung, des Sichereren Einschlusses und des Abbaus,
- Erfassung und Bewertung von anlagenspezifischen Sicherheitsanforderungen für Leistungs- und Forschungsreaktoren für den Zeitraum nach der endgültigen Abschaltung unter besonderer Beachtung von anlagenbedingten Strahlenschutzanforderungen während der Stilllegung,
- Verfolgung der atomrechtlichen Genehmigungsverfahren für kerntechnische Anlagen nach der endgültigen Abschaltung und für Anlagen der Zwi-

schlenlagerung von ausgedienten Brennelementen unter besonderer Beachtung einer zuverlässigen Nachkühlung,

- Erfassung und Bewertung von spezifischen Sicherheitsforderungen für Ost-Reaktoren, einschließlich Forschungs- und Ausbildungsreaktoren, für den Zeitraum nach der endgültigen Abschaltung.

### Arbeitsschwerpunkte des Fachbereiches KT

### Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) für Kernkraftwerke

Die RSK hat im Nachgang zu den von ihr im Auftrag des BMU nach Tschernobyl durchgeführten Sicherheitsüberprüfungen der deutschen KKW empfohlen, zukünftig in angemessenen Abständen eine gesamtheitliche Sicherheitsüberprüfung für jedes KKW durchzuführen. Das BMU hat sich diese Empfehlung der RSK zu eigen gemacht und sich mit den Ländern im Länderausschuß für Atomkernenergie (LAA) daraufhin verständigt, Leitfäden zur bundeseinheitlichen Durchführung von PSÜ zu erarbeiten.

Die Leitfäden wurden im Dezember 1996 vom Hauptausschuß des LAA mehrheitlich als eine geeignete Grundlage zur Durchführung von PSÜ bewertet und vom BMU im September 1997 den Ländern für die Durchführung von PSÜ vorgegeben und im Bundesanzeiger bekannt gemacht. Der Fachbereich KT hat den BMU bei den hierzu erforderlichen umfangreichen Arbeiten maßgeblich unterstützt.

Nunmehr liegen die folgenden Leitfäden zur PSÜ vor:

- Grundlagen zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung für Kernkraftwerke (Dezember 1996),
- Periodische Sicherheitsüberprüfung für Kernkraftwerke – Leitfaden Sicherheitsstatusanalyse (Dezember 1996),

# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Bericht des Fachbereichs

- Periodische Sicherheitsüberprüfung für Kernkraftwerke – Probabilistische Sicherheitsanalyse (Dezember 1996).

Darüber hinaus wurden vom Fachbereich KT die in den Leitfäden zitierten ergänzenden Dokumente wie:

- Methoden zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke (BfS-KT-16/97),
- Schutzzielorientierte Gliederung des kerntechnischen Regelwerks – Übersicht über die übergeordneten Anforderungen – (BfS-KT-17/97),
- Daten zur Quantifizierung von Ereignisablaufdiagrammen und Fehlerbäumen (BfS-KT-18/97)

nach Diskussion in der jeweiligen externen Arbeitsgruppen fertiggestellt und publiziert.

Gemäß den Leitfäden besteht eine PSÜ aus verschiedenen Teilbereichen: einer deterministischen, schutzzielorientierten Überprüfung des Sicherheitsstatus der Anlage mit Darlegung der Betriebsführung und Auswertung der Betriebserfahrung, einer probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) und einer Darlegung des Anlagen-Sicherungskonzepts.

Für die zeitliche Abfolge ist vorgesehen, die PSÜ jeweils im Zehnjahresabstand durchzuführen.

Durch die PSÜ soll, als Ergänzung der ständigen Aufsicht über den Betrieb der KKW, nach einer längeren Betriebsphase und auf der Basis der Betriebsgenehmigungen, der Sicherheitsstatus der Anlage gesamtheitlich erfaßt und im Hinblick auf die §§ 17 und 19 des AtG beurteilt werden. Die Durchführung der PSÜ und die Beurteilung der Ergebnisse soll mittels deterministischer und probabilistischer Methoden erfolgen.

Die PSÜ wird durch die Genehmigungsinhaber in Wahrnehmung der Eigenverantwortung für die Sicherheit der Anlage und nach in diesem Sinne bestehenden Nebenbestimmungen in Genehmigungsbescheiden einiger Anlagen durchgeführt. Eine unmittelbare gesetzliche Verpflichtung zur Durchführung einer PSÜ besteht nicht.

Das konkrete Vorgehen bei der Durchführung der PSÜ soll auf der Basis der behördlichen Leitfäden und in Abstimmung mit der Aufsichtsbehörde erfolgen.

Die Umsetzung der Ergebnisse der PSÜ richtet sich nach den allgemeinen Vorschriften, d. h. nach dem Instrumentarium des AtG.

### Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA)

Die wesentlichen Aktivitäten des Fachbereichs auf dem Gebiet der PSA lagen bei der Weiterentwicklung des PSA-Leitfadens, der Betreuung und Initiierung von Untersuchungsvorhaben und der Verfolgung des aktuellen Stands auf diesem Gebiet im internationalen Bereich.

Parallel dazu wurde im Berichtszeitraum die Überarbeitung der umfangreichen Dokumente zu den Methoden der PSA und zur Datensammlung abgeschlossen, die den PSA-Leitfaden für die periodische Sicherheitsüberprüfung ergänzen. Diese Dokumente werden unter Vorsitz des BfS im Facharbeitskreis PSA erarbeitet, einem Gremium, in dem Behörden, Hersteller, Gutachter, Betreiber und sonstige PSA-Anwender vertreten sind. Die redaktionelle Arbeit an den genannten Dokumenten wurde von KT geleistet. Die Dokumente liegen nunmehr als BfS-KT-Berichte veröffentlicht vor.

In den Dokumenten konnten gegenüber dem PSA-Leitfaden Stand 1990 ausführliche Darstellungen bezüglich der Behandlung gemeinsam verursachter Ausfälle und von Personalhandlungen in der PSA aufgenommen werden. Des weiteren wird zum ersten Mal die methodische Vorgehensweise für die probabilistische Analyse anlageninterner Brände beschrieben.

Im Facharbeitskreis PSA besteht Übereinstimmung darüber, daß eine Fortschreibung der Leitfäden zur Durchführung der PSA für Kernkraftwerke erforderlich ist. Dies betrifft zum einen bereits berücksichtigte Methoden wie die Behandlung von gemeinsam verursachten Ausfällen und von Personalhandlungen, zum anderen sind Bereiche zu berücksichtigen, in denen zwar international schon Analysen

durchgeführt werden, für die es national jedoch noch keinen praxisbewährten Anwendungsstand gibt. Zu der zuletzt genannten Kategorie gehören probabilistische Analysen von Zuständen außerhalb des Leistungsbetriebs sowie Analysen externer Ereignisse, für die im vorliegenden Dokument zum jetzigen Zeitpunkt nur Grobanalysen vorgeschlagen werden.

Wegen der Bedeutung der PSA und des bestehenden Potentials für eine methodische Verbesserung werden auf diesem Gebiet eine Reihe von Vorhaben durchgeführt. Diese Untersuchungen betreffen unter anderem die Bereiche Personalhandlungen, gemeinsam verursachte Ausfälle, PSA für Nichtleistungszustände und äußere Einwirkungen sowie zum Containmentverhalten bei schweren Stör- und Unfällen.

### Nukleare Nachsorge

Die seit 1992 vermehrt aufgetretenen Fälle des illegalen Handels mit radioaktiven Stoffen haben dazu geführt, daß auf Bundes- und Länderebene vorsorgliche Maßnahmen zur Abwehr möglicher Gefahren getroffen werden. Dabei liegen für die Planung dieser Maßnahmen beispielhaft folgende mögliche Fallgruppen zugrunde:

- Zufälliges Auffinden radioaktiver Stoffe.
- Fehlbestand/Verlust radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen bzw. von einem Transport.
- Gewaltvoller Raub radioaktiver Stoffe.
- Illegaler Besitz radioaktiver Stoffe einschließlich illegaler Einfuhr.
- Freisetzung oder Dispersion radioaktiver Stoffe.
- Bau einer kritischen Kernbrennstoffanordnung.

Bei den vier letztgenannten Gruppen wird auch die Drohung mit einem solchen Ereignis in die Planungen einbezogen.

Bei der Strafverfolgung und der Gefahrenabwehr in Fällen des illegalen Umgangs mit radioaktiven Stoffen wirkt eine Vielzahl von Behörden auf Bundes- und Länderebene mit. Der Fachbereich KT unterstützt das BMU bei der Erstellung von Konzep-

# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Bericht des Fachbereichs

ten zur Bewältigung von nuklearen Nachsorgefällen. Die zuständigen Bundes- und Landesbehörden werden durch den Fachbereich KT bei der nuklearen Nachsorge unterstützt durch

- Bereitstellen von Geräten für die Suche nach radioaktiven Stoffen,
- Analyse radioaktiver Stoffe,
- Bereithalten eines Analyseinstrumentariums für die Untersuchung von Behältern unbekanntem Inhalts auf spezielles Kernmaterial,
- Beratung zum Strahlenschutz sowie zum Transport und zur Aufbewahrung radioaktiver Stoffe,
- Erstellen und Fortschreiben eines Handbuches zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr.

Seit 1994 wurde zu obigen Themenkomplexen jährlich eine Informations- und Weiterbildungsveranstaltung durchgeführt.

### Sicherung kerntechnischer Einrichtungen und Transporte

Eine Genehmigung für den Betrieb einer kerntechnischen Einrichtung oder zum Transport von Kernbrennstoffen darf unter anderem nur dann erteilt werden, wenn der nach § 7 Abs. 2 Nr. 5 bzw. § 4 Abs. 2 Nr. 5 AtG erforderliche Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter gewährleistet ist. Diese Schutzmaßnahmen sollen verhindern, daß bei derartigen Ereignissen eine Gefährdung von Leben und Gesundheit infolge erheblicher Direktstrahlung oder Freisetzung einer erheblichen Menge radioaktiver Stoffe herbeigeführt wird, oder daß Kernbrennstoffe in Arten und Mengen entwendet werden, die die unmittelbare Herstellung einer kritischen Anordnung ermöglichen.

Als Grundlage zur Beurteilung der vom Betreiber einer kerntechnischen Einrichtung oder vom Beförderer von Kernbrennstoffen nachzuweisenden Schutzmaßnahmen im baulichen Bereich, bei technischen Überwachungs- und Sicherungseinrichtungen sowie im personellen und organisatorischen Bereich haben die zuständigen Behörden des Bundes und

der Länder Richtlinien erarbeitet, in denen Schutzziele, Sicherungsgrundsätze und Anforderungen an die Sicherungsmaßnahmen festgelegt werden.

Der Fachbereich KT unterstützt das BMU bei der Erstellung neuer bzw. bei der Überarbeitung bestehender Richtlinien zur Sicherung kerntechnischer Einrichtungen und Transporte.

### Störfallmeldestelle

Meldepflichtige Ereignisse in Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland werden seit 1975 nach bundeseinheitlichen Meldekriterien in der jeweils gültigen Fassung an die atomrechtlichen Aufsichtsbehörden der Länder gemeldet.

Mit der Verordnung über den kerntechnischen Sicherheitsbeauftragten und über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung AtSMV) vom 14. Oktober 1992 (BGBl. I S. 1766) wurde die Verpflichtung der Betreiber, derartige Ereignisse an die Aufsichtsbehörde zu melden, rechtsverbindlich festgelegt. Sinn und Zweck des behördlichen Meldeverfahrens ist es, sowohl den Sicherheitsstatus dieser Anlagen zu überwachen, als diesen auch mit den aus den gemeldeten Ereignissen gewonnenen Erkenntnissen im Rahmen der Aufsichtsverfahren zu verbessern. Die Meldungen stellen eine wesentliche Basis für die frühzeitige Erkennung etwaiger Mängel ebenso wie für die Vorbeugung gegen das Auftreten ähnlicher Fehler in anderen Anlagen dar.

Die Aufgaben der seit Januar 1993 im BfS eingerichteten Störfallmeldestelle bestehen im Auftrag des BMU insbesondere in der Erfassung und Dokumentation von meldepflichtigen Ereignissen in Kernkraftwerken, Forschungsreaktoren mit mehr als 50 kW thermischer Dauerleistung und Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs, in deren Bewertung für das BMU sowie in der Erstellung von Berichten über diese Ereignisse.

Unabhängig vom behördlichen Meldeverfahren erfolgt darüber hinaus die Einstufung der meldepflichtigen Ereignisse

durch die Betreiber kerntechnischer Einrichtungen nach der siebenstufigen Bewertungsskala der IAEA/OECD, der „International Nuclear Event Scale“ (INES). Damit wird einerseits anhand der Bewertungsskala der Öffentlichkeit eine verständliche Auskunft darüber gegeben, welche Bedeutung ein meldepflichtiges Ereignis für die Sicherheit der Anlage hatte und welche radiologischen Auswirkungen auf die Bevölkerung und die Umgebung aufgetreten sind, andererseits wird für die Einstufung von Ereignissen eine objektive und international vergleichbare Information gewährleistet.

Mit dem jährlichen Bericht: Meldepflichtige Ereignisse in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen in der Bundesrepublik Deutschland (Kernkraftwerke und Forschungsreaktoren deren Höchstleistung 50 kW thermische Dauerleistung überschreitet) wird die Öffentlichkeit über die in einem Kalenderjahr aus diesen Anlagen gemeldeten Ereignisse informiert.

Im Jahre 1996 wurden aus den Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland 137 meldepflichtige Ereignisse erfaßt. Abgaben radioaktiver Stoffe oberhalb genehmigter Grenzwerte traten nicht auf. Eine Gefährdung von Personen und der Umgebung war in keinem Fall gegeben. Ereignisse der Kategorie „S“ (Sofortmeldung) traten nicht auf. Der Kategorie „E“ (Eilmeldungen) wurden 2 Ereignisse zugeordnet. Die Kategorie „N“ (Normalmeldungen) betrafen 135 Ereignisse. 131 Ereignisse entsprachen der INES-Stufe 0 (keine oder sehr geringe sicherheitstechnische, bzw. keine radiologische Bedeutung). 6 Ereignisse wurde in die INES-Stufe 1 (betriebliche Störung, keine radiologische Bedeutung) eingeordnet. Die meldepflichtigen Ereignisse wurden im Jahresbericht nach unterschiedlichen Gesichtspunkten analysiert.

Im Durchschnitt waren die Kernkraftwerke 1996 ca. 13 % des Jahres für Revisionen, Reparaturen oder Brennelementwechsel abgeschaltet. In diese Abschaltzeiten fiel ein relativ großer Teil der festgestellten meldepflichtigen Ereignisse (34 %). Dies erklärt sich aus den umfangreichen Wartungs- und Prüfungsmaßnahmen, die während dieser Zeiten durchgeführt werden. Dabei ist anzumerken, daß es gerade

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Bericht des Fachbereichs

das Ziel der Vielzahl von Prüfmaßnahmen ist, eingetretene Mängel rechtzeitig zu erkennen.

48 (35 %) meldepflichtige Ereignisse traten spontan auf, sie wurden hauptsächlich durch Fehler, Schäden und Ausfälle von Komponenten oder Systemen verursacht. Der überwiegende Teil, nämlich 89 (65 %) der gemeldeten Ereignisse stellt Befunde bzw. Ereignisse bei Instandhaltungsmaßnahmen dar. Außerdem sind in diesen die Fälle enthalten, bei denen es während der Durchführung von Prüfungen zu einem meldepflichtigen Ereignis kam.

38 % der Ereignisse hatten ihre Ursache in defekten Komponenten oder Bauteilen und 15 % in Fehlern bei Bedienung, Wartung, Reparatur oder Instandhaltung. 10 % der meldepflichtigen Ereignisse waren auf Fehler bei der Auslegung oder Konstruktion, 16 % auf Herstellungs- bzw. Fertigungsfehler und 9 % auf Mängel in der Betriebsweise bzw. den Betriebsbedingungen zurückzuführen. Unter Ereignisse sonstiger (3 %) und ungeklärter Ursache (1 %) fallen im wesentlichen Störungen, die außerhalb des Kernkraftwerks aufgetreten sind (z. B. Netzstörungen), sowie Ereignisse, für die sich eine eindeutige Ursache nicht ermitteln ließ. Bei 8 % der Ereignisse war zum Zeitpunkt der Berichterstellung die Ursachenklärung noch nicht abgeschlossen.

Aus den deutschen Forschungsreaktoren mit mehr als 50 kW thermischer Dauerleistung wurden 14 meldepflichtige Ereignisse erfaßt. Alle 14 Ereignisse wurden in der Kategorie „N“ (Normalmeldung) gemeldet und in die INES-Stufe 0 eingeordnet. Eine Gefährdung von Personen oder der Umgebung war bei keinem Ereignis gegeben.

36 Ereignisse wurden 1996 aus Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs erfaßt; für diese Anlagen wurden gesonderte Jahresberichte erstellt. Alle Ereignisse aus Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs wurden in der Kategorie „N“ gemeldet. Alle Ereignisse sind in die INES-Stufe 0 eingeordnet worden. Abgaben radioaktiver Stoffe oberhalb genehmigter Grenzwerte traten nicht auf, eine Gefährdung der Umgebung war in keinem Fall gegeben.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß auf der Grundlage der in den Jahresbe-

richten durchgeführten Analysen der 1996 gemeldeten Ereignisse keine systematischen Schwachstellen in deutschen Kernkraftwerken, in den Forschungsreaktoren und in Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs festgestellt worden

#### Übereinkommen über nukleare Sicherheit

Das Übereinkommen über nukleare Sicherheit („Convention on Nuclear Safety“) wurde von der Bundesrepublik Deutschland am 20. September 1994 unterzeichnet. Es trat am 24. Oktober 1996 in Kraft. Deutschland ist nach Hinterlegung der Ratifizierungsurkunde am 20. Januar 1997 seit dem 20. April 1997 Vertragspartei des Übereinkommens. Derzeit sind von 65 Unterzeichnerstaaten 42 Staaten Vertragspartei, davon 26 Nuklearstaaten im Sinne des Übereinkommens.

Das Übereinkommen findet Anwendung auf ortsgebundene zivile Kernkraftwerke einschließlich der auf demselben Betriebsgelände durchgeführten Handhabung und Lagerung radioaktiver Stoffe und Abfälle, das sind „Kernanlagen“ im Sinne des Übereinkommens.

Gemäß den Bestimmungen der Konvention fand das Vorbereitungstreffen (Preparatory Meeting) im April 1997 statt. Danach sind nationale Berichte über die Umsetzung der Verpflichtungen aus dem Übereinkommen bis zum 29. September 1998 in englischer Sprache beim Sekretariat des Übereinkommens (IAEO) abzugeben. Diese Berichte werden auf der 1. Tagung (Review Meeting), die am 12. April 1999 in Wien beginnt, von den Vertragsparteien hinsichtlich der Erfüllung der Übereinkommensverpflichtung überprüft. Das Überprüfungsverfahren ist in einer ebenfalls auf dem Vorbereitungstreffen verabschiedeten Richtlinie („Guidelines on Regarding the Review process Under the Convention on Nuclear Safety“) festgelegt. Weitere Überprüfungen finden im Abstand von längstens 3 Jahren statt.

Auf dem Vorbereitungstreffen wurde eine Unterlage mit Hinweisen und Vorschlägen zur Berichtsform und zu den unter den einzelnen Artikeln des Übereinkommens angesprochenen Inhalten verabschiedet

(„Guidelines Regarding National Reports under The Convention on Nuclear Safety“). Das Ziel dabei ist die Vereinheitlichung der nationalen Berichte, um deren Vergleich zu erleichtern.

Im Auftrag des Bundesumweltministeriums wurde im Verlauf des Jahres 1997 der nationale Bericht für die erste Überprüfungstagung gemeinsam von GRS und BfS im Entwurf erarbeitet. Dabei lag eine abgestimmte Aufgabenteilung zwischen den beiden Partnern für die Bearbeitung der einzelnen Kapitel zugrunde. Nach den oben genannten Guidelines ist die Berichtsform gegliedert nach den Artikeln der Konvention vorgesehen, wobei jeweils die deutsche Vorschriftenlage und deren Umsetzung zu beschreiben sind. Das BfS hat hierbei das Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren unter Berücksichtigung der föderalen Struktur der Bundesrepublik Deutschland dargestellt und zu den anderen Artikeln der Konvention jeweils die regulatorischen Anforderungen und deren behördliche Umsetzung beschrieben. Die mehr technischen Darstellungen zur Umsetzung der Anforderungen in den Kernkraftwerken war Aufgabe der GRS.

Im Verlauf des Jahres 1998 wird der Bericht mit den Ländern und den Kernkraftwerksbetreibern sowie innerhalb der Bundesregierung abgestimmt. Im Anschluß daran erfolgt die Übersetzung ins Englische, der nach einer ebenfalls verabschiedeten Unterlage („Rules of Procedure and Financial Rules“) für die nationalen Berichte festgelegten Verkehrssprache. Der Bericht muß bis spätestens Ende September 1998 der IAEA vorgelegt werden.

#### Stilllegung kerntechnischer Anlagen

Zur Wahrnehmung bundesaufsichtlicher Aufgaben für Stilllegungsprojekte (Genehmigung § 7 (3) AtG) in Deutschland werden zusammengefaßte Informationen benötigt über Leistungs- und Prototypreaktoren, Forschungsreaktoren und Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs, die sich in verschiedenen Phasen der Stilllegung befinden. Im Jahr 1997 wurde eine Übersicht zu Leistungs- und Prototypreaktoren zusammengestellt; zu den Forschungsreaktoren wurden vorbereitende Arbeiten durchgeführt. Es liegen Angaben über technische Einrichtungen, die Betriebsge-

# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Bericht des Fachbereichs

schichte, die Stilllegungspläne und die bisherigen Stilllegungsmaßnahmen sowie über die Genehmigungssituation für folgende Anlagen vor:

Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Jülich (AVR), Thorium-Hochtemperaturreaktor Hamm-Uentrop (THTR-300), Kernkraftwerk Gundremmingen Block A (KRB-A), Heißdampfreaktor Großwelzheim (HDR), Mehrzweckforschungsreaktor Karlsruhe (MZFR), Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage-II Karlsruhe (KNK-II), Versuchs-Atomkraftwerk Kahl (VAK), Kernkraftwerk Würgassen (KWW), Kernkraftwerk Lingen (KWL), Kernkraftwerk Niederaichbach (KKN), Kernkraftwerk Rheinsberg (KKR) und Kernkraftwerk Greifswald (KGR).

Die bisher durchgeführten Arbeiten zur Beschreibung des Anlagenstatus der Kernkraftwerke Rheinsberg (KKR) und Greifswald (KGR) wurden weitergeführt, ebenso zu den kerntechnischen Anlagen am Standort Rossendorf bei Dresden, zu den Forschungsreaktoren (Rossendorfer Forschungsreaktor (RFR), Rossendorfer Ringzonenreaktor (RRR) Rossendorfer Anordnung für kritische Experimente (RAKE) sowie zu den ehemaligen Anlagen zur Molybdänproduktion (AMOR-I, II und III).

Um die Forderungen des Stilllegungsleitfadens zu speziellen Fragen zu konkretisieren, werden gegenwärtig drei Forschungsvorhaben betreut:

- Anforderungen an die Stilllegung von Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufes.
- Anforderungen an die Stilllegung von Forschungsreaktoren.
- Anforderungen an die Herleitung von Freigabekriterien für Standorte kerntechnischer Anlagen.

Die Datenbank „Stilllegung kerntechnischer Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland“ wurde als behördeninternes Arbeitsmittel zur effektiven Verwaltung und Auswertung der umfangreich vorliegenden Dokumente zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen in Deutschland geschaffen. Sie wird laufend vervollständigt und entsprechend den Anforderungen erweitert.

### Kerntechnische Anlagen in der GUS und den MOES

Das im Rahmen des Gesamtkonzepts der Bundesregierung zur Unterstützung beim Aufbau von Demokratie und sozialer Marktwirtschaft in der GUS und den MOES im Sommer 1992 initiierte Programm des BMU zur Zusammenarbeit auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit wurde 1997 im etwas reduzierten Umfang fortgesetzt. Dieses Programm ist zusammen mit bereits vorher laufenden Vorhaben Teil der bilateralen deutschen Unterstützung.

Die Hilfe des BMU für die GUS und die MOES zielt insbesondere auf die Unterstützung dieser Länder beim Aufbau wirkungsvoller Sicherheitskontrollbehörden, auf die Unterstützung bei der Bewertung des konkreten Sicherheitszustandes der kerntechnischen Anlagen und auf die Unterstützung bei der Aus- und Fortbildung von Personen, die unmittelbar Einfluß auf die Sicherheit der Anlagen nehmen können.

Die organisatorische Abwicklung des Programms erfolgt im Rahmen einer Projektträgerschaft durch die GRS. Die Abteilung KT 3 übernahm die fachliche Begleitung dieser Vorhaben.

Ein Teil der Vorhaben wurde bereits erfolgreich beendet oder befindet sich in der abschließenden Bearbeitung. Die Abschlußberichte der Vorhaben werden ins Russische übersetzt und den betreffenden Einrichtungen in der GUS und den MOES übergeben und gemeinsam erörtert. Die Berichte beinhalten neben den Analyseergebnissen Vorschläge zur Beseitigung erkannter sicherheitstechnischer Mängel und stellen eine wertvolle Unterstützung sowohl für die Arbeit der Sicherheitskontrollbehörden als auch der Betreiber dar. Darüber hinaus wurde in bestimmten Vorhaben eine konkrete gerätetechnische Hilfe geleistet, ohne die eine Bearbeitung der Vorhaben nicht möglich gewesen wäre. Hervorzuheben ist das große Entgegenkommen der meisten Einrichtungen in der GUS und den MOES bei der Vorhabensbearbeitung vor Ort. Die dabei entstandenen guten Arbeitsbeziehungen dienen auch dem gegenseitigen Verständnis der Experten und dem Austausch ihrer fachlichen Ansichten und Methoden.

Die Auswertung der Vorhaben sowie Vorarbeiten zur Weiterführung von Unterstützungsvorhaben werden in enger Zusammenarbeit mit dem BMU und der GRS fortgesetzt.

Aufbauend auf den Ergebnissen wurden ab 1994 Mittel für ausgewählte, sicherheitserhöhende Maßnahmen in einem Investitionsprogramm vom BMU zur Verfügung gestellt. Die Auflistung der zu liefernden Investitionsgüter ist im BFS-Jahresbericht 1995 enthalten. Der Abschluß der Vorhaben, die das russische KKW Balakowo betreffen, verzögert sich aufgrund der noch ungeklärten nuklearen Haftungs-freistellung durch die Russische Föderation.

Aufgrund des großen Umfangs von noch erforderlichen Ertüchtigungsmaßnahmen für die Gesamtheit aller KKW in der GUS und den MOES ist eine weitergehende Beteiligung jedoch nur in einer erweiterten internationalen Zusammenarbeit möglich und finanzierbar.

Als Grundlage für die bi- und multilaterale Zusammenarbeit bei der Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit in der GUS und den MOES dienen Statusberichte für die einzelnen Anlagentypen. Diese Berichte werden regelmäßig fortgeschrieben.

Die Einschätzung der Sicherheit der Kernreaktoren-Ost (WWER, RBMK) erfordert eine sehr differenzierte Betrachtungsweise sowohl hinsichtlich der Reaktortypen verschiedener Baureihen als auch des Alters innerhalb einer Baureihe. Dementsprechende Übersichten wurden präzisiert und aktualisiert. Erfasst sind 87 Leistungsreaktoren, die im Bau, in Betrieb, abgeschaltet oder in der Stilllegungsvorbereitung sind. Davon befinden sich derzeit 68 in Betrieb und 11 im Bau. Die Reaktoren älterer Bauweise zeigen den Stand der Technik aus ihrer Bauphase, wurden sehr unterschiedlich nachgerüstet und stellen ein gewisses erhöhtes Sicherheitsrisiko gegenüber der jüngeren Generation von Kernkraftwerken dar. Deutlich nachweisbar ist für ca. 30 jüngere Anlagen eine höhere Sicherheit durch bessere Auslegung der Komponenten und der Systeme sowie teilweise durch Nachrüstung.

In den Jahren 1996/1997 wurden Daten über Wiederaufarbeitungsanlagen für

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Bericht des Fachbereichs

---

Kernbrennstoffelemente (BE) in der Russischen Föderation (RF) zusammengestellt. An den Standorten dieser Anlagen bei Tscheljabinsk, Krasnojarsk und Tomsk gibt es erhebliche Probleme. Insbesondere die Sanierung von Altlasten sowie die Bearbeitung und Beseitigung radioaktiver Abfälle sind schwierig. Entscheidungen über die Endlagerung radioaktiver Abfälle aus den Aufarbeitungsanlagen und den Kernkraftwerken der RF wurden bisher nicht getroffen. Das Leistungsvermögen der Anlagen erlaubt nur für einen Teil der in der RF anfallenden BE die Wiederaufarbeitung. Engpässe bei der Entsorgung der BE sind nicht auszuschließen.

Auf dem Territorium der Russischen Föderation wurden eine Reihe von Produktions-

reaktoren für Plutonium und Tritium gebaut, die zum Teil noch in Betrieb sind. Gemäß dem Kenntnisstand (1997) handelt es sich um 14 Produktionsreaktoren an den Standorten:

- Tscheljabinsk  
Ein schwerwassermoderierter Reaktor und fünf graphitmoderierte Produktionsreaktoren der 1. Generation. Alle Reaktoren sind spätestens seit 1991 abgeschaltet.
- Tomsk  
Ein graphitmoderierter Produktionsreaktor der 1. Generation und vier der 2. Generation. Von diesen sind noch zwei Reaktoren der 2. Generation in Betrieb, vor allem für die Wärmeversorgung.

Drei Reaktoren wurden zwischen 1989 und 1992 abgeschaltet.

- Krasnojarsk  
Zwei graphitmoderierte Produktionsreaktoren der 1. Generation und einer der 2. Generation. Die Reaktoren der 1. Generation haben ihren Betrieb 1992 eingestellt.

Weitere graphitmoderierte Reaktoren sind an den Standorten Troizk (sechs Reaktoren) und Sverdlowsk (ein Reaktor) errichtet worden. Sie sind nicht mehr in Betrieb. Sie sollen allerdings nicht der Pu-Produktion gedient haben, wären dazu aber ebenfalls in der Lage gewesen wie die späteren RBMK.

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Wissenschaftliche Kurzberichte

#### Kernenergie im wirtschaftlichen Vergleich

C. Krause

Die Kernenergie unterliegt im Wettbewerb mit anderen Stromerzeugungsarten und bei zunehmender Liberalisierung der Strommärkte außer einem politischen auch einem zunehmenden ökonomischen Druck. Da sicherheitsgerichtete Maßnahmen häufig zu einer betriebswirtschaftlichen Kostenerhöhung führen und somit einen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit haben, sind kerntechnische Sicherheit und Wirtschaftlichkeitsfragen eng miteinander verknüpft. Gleichzeitig ist auch für die Kernenergie festzustellen, daß sich erhöhte Wirtschaftlichkeit z. B. in Form eines geringeren spezifischen Primärrohstoffeinsatzes infolge von Wirkungsgraderhöhung bei der Stromerzeugung in Form von Ressourcenschonung und geringeren Emissionen positiv auf den Umweltschutz auswirkt. Unbestritten ist und bleibt, daß bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie die Sicherheit Vorrang vor der Wirtschaftlichkeit hat.

Bei herkömmlichen betriebswirtschaftlichen Kostenanalysen werden nur die Kosten berücksichtigt, die direkt mit der Stromerzeugung verknüpft sind. Als Kritik an dem betriebswirtschaftlichen Konzept wird in der Literatur häufig angeführt, daß die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit sich nicht mehr auf die Energieumwandlung allein beschränken kann, wie sie im Kraftwerk realisiert ist. Statt dessen sollen in einer Gesamtsicht alle Prozeßschritte der Stromerzeugungsvarianten und insbesondere die anderen, nicht-energetischen Ressourcen und Auswirkungen, die die Umwelt betreffen, betrachtet werden. Diese Gesamtkalkulation, die sehr kompliziert durchzuführen, arbeitsaufwendig und leicht manipulierbar ist, führt dann zu einer sogenannten Ökobilanz. Teil dieser Ökobilanz sind die externen bzw. sozialen Kosten, die in der aktuellen Energiediskussion eine Rolle spielen. Damit sind die Kosten gemeint, die durch Umwelt- und Gesundheitsschäden bei der Gewinnung, Umwandlung, Verteilung und Nutzung der einzelnen Energieträger entstehen, und

die nach einigen Literaturangaben angeblich nicht oder nur teilweise in den betriebswirtschaftlichen Kosten enthalten sind. Die externen Kosten müssen in der Regel von der Gesellschaft insgesamt getragen werden und sind daher im Zusammenhang mit einem erzielten Nutzen zu sehen, bei der Stromerzeugung z. B. in Form einer sicheren und preisgünstigen Stromversorgung, wobei allerdings in der Literatur bei der Diskussion der externen Kosten eine Bewertung des Nutzens häufig unterbleibt.

In der Literatur schwanken die Angaben für die externen Kosten der verschiedenen Stromerzeugungsarten stark. Die auf einer realistischen Basis quantifizierbaren externen Kosten von Stromerzeugungssystemen liegen in Deutschland in allen Fällen deutlich unterhalb der betriebswirtschaftlichen Kosten der Stromerzeugung. Dies liegt vor allem daran, daß erkannte externe Effekte in der Vergangenheit kontinuierlich internalisiert wurden, z. B. durch Auflagen zum Bau von Rauchgasreinigungsanlagen. Diese Internalisierung wurde durch die Struktur der Elektrizitätsversorgung (eingeschränkter Wettbewerb, Großanlagen, z. T. relativ starker staatlicher Einfluß) begünstigt. Die verbleibenden externen Effekte entstehen vor allem durch Summierungen einer Vielzahl von sehr kleinen, i. a. nicht isoliert wahrnehmbaren Risiken bzw. Schäden. Bei den in Westeuropa herrschenden Verhältnissen kann man davon ausgehen, daß die externen Kosten in Form von Umweltschutzmaßnahmen und Maßnahmen zur Beseitigung von Abfällen und Reststoffen weitgehend den betriebswirtschaftlichen Kosten zugeschlagen, d. h. internalisiert sind.

Die externen Kosten pro erzeugter Kilowattstunde, die mit dem Normalbetrieb von Kernreaktoren und Kernbrennstoffwerken verbunden sind, sind im Vergleich zu den direkten Erzeugungskosten verschwindend gering, da das Arbeitsumfeld der Nuklearindustrie dicht reglementiert ist und die Emissionen auf Werte beschränkt sind, die keine meßbaren Auswirkungen auf die Bevölkerung und die Werksbelegschaften zulassen. Dasselbe gilt für Störfälle, falls die Kernkraftwerke westlichen Sicherheitsanforderungen entsprechen. Im Gegensatz zu hin und wieder auftau-

chenden anderslautenden Meinungen ist die Kosteninternalisierung in Deutschland auch in Form von Steuerzahlungen, Kosten für Gutachter, Behördenaufwendungen, Versicherungen usw. bei der Kernenergie und bei den anderen Stromerzeugungstechniken nahezu vollständig. Es darf auch nicht vergessen werden, daß die Stromerzeugung in erster Linie einen Nutzen in Form einer kostengünstigen und zuverlässigen Elektrizitätsversorgung bedingt, dieser Nutzen überwiegt die auftretenden geringen Umweltauswirkungen bei weitem. Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Internalisierung externer Kosten die Stellung der Energieerzeugungstechniken im Wettbewerb nicht verändert.

Bei einem Kostenvergleich von Stromerzeugungskosten auf der Grundlage von Literaturangaben zeigt sich, daß die sogenannten alternativen Stromerzeugungstechniken teuer und daher auf längere Sicht von Subventionen abhängig sind. Der Hauptgrund dafür liegt in der geringen Energiedichte der alternativen Energien Wind, Sonneneinstrahlung und Biomasse. Lediglich Sonnenkollektoren zur direkten Wärmegewinnung sind unter bestimmten Umständen wirtschaftlich zu betreiben; die kostengünstige Wasserkraft wird in Mitteleuropa bereits weitgehend genutzt. Windkraftanlagen sind nur aufgrund des Stromeinspeisegesetzes wirtschaftlich zu betreiben; trotz aller Spekulationen ist eine wirtschaftliche Nutzung der Photovoltaik nicht in Sicht.

Kernenergienutzung wirkt sich durch die nur geringe Abhängigkeit von den Brennstoffkosten und insbesondere durch die Unabhängigkeit von den Kosten für fossile Brennstoffe auf dem Weltmarkt stabilisierend auf die Strompreise aus. Es besteht allerdings die Gefahr, daß im Rahmen der anlaufenden Liberalisierung des Strommarktes Investoren höhere Ertragsraten voraussetzen werden. Dies könnte dazu führen, daß zumindest bei neu zu errichtenden Anlagen eine Bewegung weg von kapitalintensiven Optionen wie der Kernenergie oder der noch kapitalintensiveren erneuerbaren Energieträger einsetzen wird. Dies ist natürlich besonders dann der Fall, wenn die kapitalintensive Option der Kernenergienutzung mit erheblichen politi-

# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Wissenschaftliche Kurzberichte

schen Unsicherheiten belastet wird, wie es derzeit und in näherer Zukunft in Deutschland der Fall ist.

Die auf der Grundlage von Literaturdaten erstellten Vergleiche zeigen klar, daß die Kernenergie in Deutschland und international zur Gruppe der kostengünstigsten Stromerzeugungsvarianten gehört. Aufgrund der derzeit günstigen Weltmarktpreise für Kohle und Erdgas ist die Kernenergie allerdings einer harten Konkurrenz ausgesetzt. Dabei spielen Standortfragen eine Rolle, d.h. preisgünstige Verfügbarkeit von fossilen Brennstoffen. Man kann davon ausgehen, daß Kernenergie an denjenigen Standorten die kostengünstigste Stromerzeugungsvariante ist, an denen Vorkommen oder günstige Transportmöglichkeiten für Kohle und Erdgas fehlen. Zudem gewährleistet Kernenergienutzung eine weitgehende Unabhängigkeit von den Preisentwicklungen für fossile Brennstoffe auf dem Weltmarkt.

Kernenergie ist gleichzeitig diejenige großtechnisch eingesetzte Stromerzeugungstechnik, die infolge sehr geringer Emissionen und weniger Brennstofftransporte die geringsten Umweltauswirkungen mit sich bringt.

### Präventiver Strahlenschutz in deutschen Kernkraftwerken

*Dietrich E. Becker – Bundesamt für Strahlenschutz – Deutschland  
Wolfgang Bentele/Karl-Heinz Walter –  
Kernkraftwerk Neckarwestheim*

#### 1. Einleitung

Am Standort Neckarwestheim werden zwei Kernkraftwerke betrieben. Block 1 wurde im Jahre 1976 in Betrieb genommen, Block 2 folgte in 1988. Die Erfahrungen bezüglich des Strahlenschutzes, die während des Betriebes von Block 1 gesammelt wurden, flossen in das Konzept des Blocks 2 ein und führten zu substantiellen Verbesserungen.

Die Quellen der Strahlenexposition für das Personal von Kernkraftwerken sind di-

rekte, vom Kern ausgehende Strahlung, Strahlung von Spaltprodukten, die bei Brennelementschäden freigesetzt werden, Strahlung von beim Durchgang durch den Kern aktivierten Korrosionsprodukten sowie Strukturmaterial, das durch aus dem Kern entkommene Neutronen aktiviert wird.

Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenexposition für das Personal müssen daher hauptsächlich auf die Reduzierung dieser Strahlenquellen ausgerichtet sein. Aber auch Auslegungsmodifikationen an Komponenten, automatisierte Prüfungen und eine Verringerung der Reparaturzeiten in relevanten Bereichen tragen positiv zur Dosisreduzierung bei. Die hauptsächlichsten Gründe und Maßnahmen, die zur Reduzierung der Strahlenexposition führen, sind:

- Auswahl von geeigneterem Material für die primären und sekundären Kühlkreisläufe
- Reduzierung von Brennelementschäden
- Modifikationen in der Auslegung von Komponenten
- Verhinderung von Korrosion durch Optimierung der Wasserchemie und somit Verhinderung der Aktivierung der Korrosionsprodukte beim Durchgang durch den Kern
- Reduzierung der Neutronenverluste aus dem Kern und somit Reduzierung der Aktivierung der Reaktorabschirmung
- Erhöhung des Automatisationsgrades der Wiederholungsprüfungen des Primärkreislaufs
- Entwicklung von effizienten Reparaturstrategien durch Training an Dummies
- Ausreichende Platzvorsorge für Reparaturarbeiten.

#### 2.1 Materialeinsatz – System- und Komponentenwerkstoffe

Das Strahlenfeld an aktivitätsführenden Systemen wird von aktivierten Korrosionsprodukten der Strukturmaterialien be-

stimmt. Insbesondere in älteren Kernkraftwerken kann die Dosisleistung von Co-60-Quellen bis zu 90 % beitragen. Wichtige Quellen sind dabei Kobaltbasislegierungen, wie Stellite, die wegen ihrer mechanischen Eigenschaften für hochbelastete Bauteile und für Panzerungen von Oberflächen eingesetzt werden. Ein wichtiger Beitrag zur Reduzierung des Strahlenfeldes in Kernkraftwerken wurde durch die Entwicklung neuer Co-freier Werkstoffe mit vergleichbarer Beanspruchbarkeit geleistet. Diese Materialien sind schrittweise bei der Konstruktion von neuen Anlagen zur Anwendung gekommen. Die von Kühlmittel beaufschlagte Oberfläche der Kobaltbasislegierungen wurde in Block 2 von 11 m<sup>2</sup> auf 2 m<sup>2</sup> gegenüber Block 1 verringert. Weiterhin wurden zulässige Grade von Kobaltverunreinigungen in den Materialspezifikationen definiert. So konnte zum Beispiel der Beitrag von Co-60 zur Dosisleistung an den Hauptkühlmittelleitungen um den Faktor 10 reduziert werden.

Als weiteres Beispiel für einen erfolgreichen Austausch kann Antimon genannt werden, das zu einem hohen Anteil als Stützmaterial in den Kohlelagern und -dichtungen der Hauptkühlmittelpumpen und in Pumpen der nuklearen Hilfssysteme verwendet wurde. Durch Umrüstung auf weiterentwickelte antimonfreie Lager und Dichtungen konnte bis auf geringe Ausnahmen Antimon weitgehend aus den nuklearen Kreisläufen entfernt werden. Ein weiteres Beispiel für die Vermeidung dieses Aktivierungsprodukts ist der allgemeine Verzicht auf Sb/Be-Sekundärneutronenquellen, die verschiedentlich durch Hüllrohrschäden zu erheblichen Sb-124-Kontaminationen geführt hatten.

#### 2.2 Wasserchemie in Primär- und Sekundärkreislauf von Druckwasserreaktoren

Der Dosisleistungsaufbau in den Systemteilen außerhalb des Reaktorkerns wird in erster Linie durch die Ablagerung der im Kern aktivierten Korrosionsprodukte aus den eingesetzten Werkstoffen und ihren Einbau in die oxidischen Deckschichten auf den Systeminnenoberflächen verursacht. Die Korrosions- und Transportvorgänge sind überwiegend von den chemi-



# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Wissenschaftliche Kurzberichte

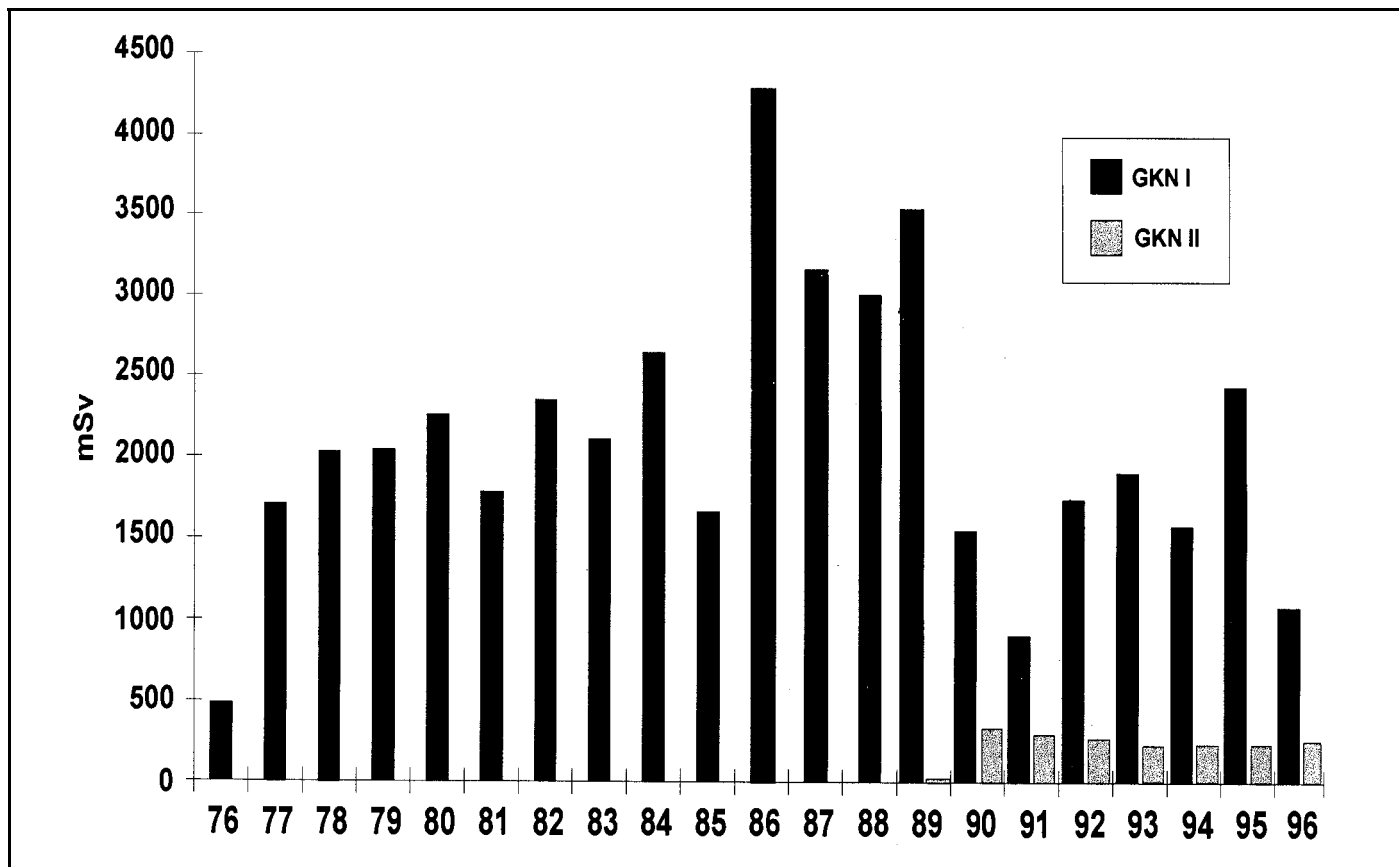


Abbildung KT-1  
GKN, jährliche Kollektivdosis für das KKW-Personal und die Fremdarbeiter in Block 2.

schon Bedingungen im Kreislaufmedium abhängig. Daher ist die Wasserchemie von größter Bedeutung für die Kontrolle des Strahlenfeldes. Aus den langjährigen Betriebserfahrungen und ergänzenden Laboruntersuchungen liegen heute zuverlässige Kenntnisse über die diesen Vorgängen zugrundeliegenden Mechanismen und über ihre Abhängigkeit von Kreislauf-temperaturen und den chemischen Bedingungen vor. Hieraus wird für die Betriebstemperatur im Primärkühlmedium eines Druckwasserreaktors eine Temperatur von 300 °C und, in Abwesenheit von Sauerstoff, ein optimaler pH-Wert von 7.4 abgeleitet.

Bei störungsfreiem Betrieb ist der Sekundärkreislauf eines Druckwasserreaktors aktivitätsfrei. Die Barriere zum Primärkreislauf besteht aus tausenden von Wärmeaustauscherröhren. Falls eines dieser

Rohre leckt, wird der Sekundärkreislauf aktiviert, mit allen negativen Auswirkungen durch die entstehende Dosisleistung.

Mit einer Reihe von Maßnahmen, wie z. B. der Alkalisierung des Sekundärkreislaufes und der regelmäßigen Beseitigung von Eisenoxidniederschlägen am Rohrboden konnten Dampferzeuger-Rohrschäden verhindert werden.

### 2.3 Wiederkehrende, zerstörungsfreie Prüfungen

Der Anteil dieser Prüfungen an der kollektiven Strahlenexposition liegt bei etwa 10 bis 20 Prozent. Zur Reduzierung der Strahlenexposition sind auf dem Gebiet der zerstörungsfreien Prüfungen beachtliche Fortschritte erzielt worden. Die Handprü-

fung von Schweißnähten an Rohrleitungen und Komponenten im Bereich erhöhter Strahlenfelder ist weitgehend durch automatisch arbeitende Prüfmanipulatoren ersetzt worden, die an Schienen, Bändern oder Ketten über den Prüfbereich geführt werden. Für ältere Anlagen wurden hierfür spezielle Prüfsysteme entwickelt. In Teilbereichen wurden hiermit Dosisreduzierungen um den Faktor 10 bis 20 erreicht.

Ebenfalls beträchtliche Einspareffekte wurden in den letzten Jahren für die mechanisierte Prüfung der Dampferzeugerheizrohre erzielt, wo vor allem die früher häufig notwendigen Einstiege in die Dampferzeugerwasserkammer zu hohen Individualdosen führten. Zu Beginn der 80er Jahre war noch eine Strahlenbelastung von etwa 30 mSv für die Wirbelstromprüfung eines Dampferzeugers zu veranschlagen; diese Prüfung wird heute mit einer Dosis < 10 mSv durchgeführt.

# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### 2.4 Wartungs- und Reparaturarbeiten

Im Bereich der Wartungs- und Reparaturarbeiten an den nuklearen Systemen können vielfältige Vorkehrungen für den präventiven Strahlenschutz ergriffen werden. Die klassischen Strahlenschutzmaßnahmen, wie Reduzierung von Strahlenquellen, Abschirmung, Abstands- und Zeitbegrenzung, wurden weiterentwickelt und verfeinert:

- für die Dekontamination von Komponenten, Systemteilen bis zu Gesamtsystemen stehen wirkungsvolle, materialverträgliche Verfahren mit minimalen Abfallvolumina zur Verfügung
- Soweit räumlich möglich und notwendig, wurden stationäre Abschirmungen in Bereichen erhöhter Strahlenfelder nachgerüstet
- die Rüstzeit für mobile Abschirmungen, z. B. durch angepaßte Aufhängevorrichtung und vorgefertigte Abschirmteile, wurde wesentlich verkürzt
- die Umrüstung ursprünglich vorhandener verschraubter Isolierungen auf Kassettenisolierung mit Schnellverschlüssen an nuklearen Systemen erbrachte eine Dosisreduzierung um 50 % für die Isolierarbeiten.

Technisch komplizierte Arbeitsabläufe werden an einem Dummy im Maßstab 1:1 getestet, laufend optimiert und vor allem trainiert, um dem Fachpersonal die auch unter Strahlenschutzgesichtspunkten optimierten Bedingungen zu gewährleisten.

### 3. Zusammenfassung

Alles in allem und als direktes Ergebnis all dieser Maßnahmen sank die jährliche Kollektivdosis für das KKW-Personal und die Fremdarbeiter in Block 2 um nahezu den Faktor 10 (**Abbildung KT-1**).

---

### **Maßnahmen zur Risikominderung bei Freisetzung von Wasserstoff in den Sicherheitsbehälter eines Druckwasserreaktors bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen**

---

Th. Fröhmel

Zur weiteren Verminderung des Risikos eines frühzeitigen oder späten Verlustes der Integrität des Sicherheitsbehälters von Druckwasserreaktor-Anlagen durch Wasserstoff-Verbrennungsprozesse bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen empfahl die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) im April 1994 den Einbau katalytischer Rekombinatoren als eine Maßnahme des anlageninternen Notfallschutzes. In Siedewasserreaktoren sind Wasserstoff-Verbrennungsprozesse, die zu einer Gefährdung der Integrität des Sicherheitsbehälters führen können, nicht zu erwarten, weil die betroffenen Raumbereiche des Sicherheitsbehälters während des Normalbetriebes durch eine Stickstoffatmosphäre mit einem Sauerstoffanteil von weniger als 4 Vol.% inertisiert sind.

Der BMU veröffentlichte die Empfehlung mit seiner Bekanntmachung im Bundesanzeiger vom 14. Juli 1994 und informierte die zuständigen Aufsichtsbehörden der Länder in diesem Sinne.

Die RSK hat nach weiterer Beratung zu dieser Thematik am 17. Dezember 1997 eine Empfehlung verabschiedet.

#### **Problem- und Zielstellung**

Wird für ein Stöfallereignis in einem Kernkraftwerk unterstellt, daß sämtliche Sicherheitseinrichtungen ausfallen und auch zusätzliche anlageninterne Notfallschutzmaßnahmen zur Wiederherstellung der Kernkühlung nicht ausreichend wirksam werden, dann kommt es im weiteren Verlauf des Ereignisses zur Schädigung des Reaktorkerns bei gleichzeitiger Bildung der brennbaren Gase Wasserstoff und Kohlenmonoxid. Neben der Zircon-

Wasserdampf-Reaktion können zur Wasserstoffentstehung die Schmelze-Beton-Wechselwirkung und langfristig die Radiolyse des Sumpfwassers beitragen.

Durch eine Aufkonzentration von Wasserstoff können Zustände eintreten, die bei hochturbulentem oder detonationsartigem Verbrennungsablauf die Integrität des Sicherheitsbehälters, der letzten Barriere zur Rückhaltung von Spaltprodukten, gefährden. Obwohl die Integritätsgefährdung des Sicherheitsbehälters als extrem unwahrscheinlich eingeschätzt (ca.  $10^{-7}$  pro Jahr) [1] wird, sollten dennoch Gegenmaßnahmen vorgesehen werden, die sicherstellen, daß mit dem Abbau des freigesetzten Wasserstoffs frühzeitig begonnen wird, sobald räumlich und zeitlich ein Schwellenwert für die Wasserstoffkonzentration im Sicherheitsbehälter erreicht wird.

#### **Mögliche Wasserstoffgegenmaßnahmen**

Verschiedenartige Maßnahmen zur Verhinderung kritischer Gasgemische wurden hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und Einsatzfähigkeit untersucht:

- a) Katalytische Rekombination,
- b) Gezielte frühzeitige Verbrennung mit kurzen Flammenweglängen,
- c) Permanente Inertisierung der Raumbereiche des Sicherheitsbehälters,
- d) Nachinertisierung oder Nachverdünnung mit Inertgasen (d. h. nach Eintritt des Ereignisses) sowie
- e) Kombination der genannten Maßnahmen.

Grundsätzlich haben alle aufgeführten Maßnahmen ein ausreichendes Potential zur Unterbindung von Wasserstoff-Verbrennungsprozessen. Während die Maßnahmen b) bis e) jedoch teilweise deutliche Nachteile aufweisen, ermöglichen katalytische Rekombinatoren den Abbau von in den Sicherheitsbehälter freigesetzten Wasserstoff bereits vor dem Erreichen von Gemisch-Zündgrenzen und sind auch für den langfristigen Wasserstoffabbau effizient, sofern ausreichend Sauerstoff ver-

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Wissenschaftliche Kurzberichte

füßbar ist. Darüber hinaus sind es passive Einrichtungen, d. h. es sind keine vom Anlagenpersonal auszuführende Einleitungsmaßnahmen erforderlich und sie können auch unter dampfinertisierten Zuständen arbeiten.

#### Komponentenqualifizierung und Wirksamkeitsnachweis

Die seit der RSK-Empfehlung durchgeführten Untersuchungen zur Implementierung von katalytischen Rekombinatoren konzentrierten sich auf die technische Qualifizierung zum Einsatz bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen und auf den Wirksamkeitsnachweis eines Rekombinatorkombinatorsystems.

Die wichtigsten Ziele der technischen Qualifizierung der für den Einbau vorgesehenen katalytischen Rekombinatoren waren:

- ein ausreichendes Startverhalten und eine ausreichende Wirksamkeit der hydrophobischen Beschichtung bei Feuchtigkeit und Nässe zu erreichen,
- den Grad der Beeinträchtigung der katalytischen Wirksamkeit durch potentielle Katalysatorgifte (Kohlenmonoxid, Aerosolablagerungen, Verbrennungsprodukte) festzustellen, und
- die Umgebungsbedingungen (z. B. sehr hohe Wasserstoffkonzentration), die zur Überhitzung der Rekombinatoren führen können, abzuschätzen, um ggf. Vorkehrungen gegen unerwünschte Gemischzündungen zu treffen.

Die Ergebnisse der Qualifikationstests, die von den Herstellern (SIEMENS, NIS) im Auftrag der Betreiber durchgeführt worden sind, erbrachten den Nachweis, daß die bei einem Kernschmelzunfall auftretenden

atmosphärischen Einflüsse die Wirksamkeit der katalytischen Rekombinatoren nicht unzulässig beeinträchtigen.

Für den Wirksamkeitsnachweis eines Systems von katalytischen Rekombinatoren, bestehend aus ca. 50 Komponenten, wurden von Herstellern, Betreibern und Gutachtern sowohl experimentelle Untersuchungen und Nachweise als auch rechnerische Abschätzungen und Nachrechnungen durchgeführt. Hierzu zählen Wasserstoff-Verbrennungsversuche in trockener und feuchter Atmosphäre sowie Berechnungen für die Wasserstoff-erzeugung, -freisetzung und -verteilung für repräsentative Unfallszenarien und unter realistischen Annahmen.

Die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchung der lokalen und globalen Wirksamkeit von katalytischen Rekombinatoren in realen Raumkonfigurationen mit den Rechenprogrammen MELCOR und RALOC [2], [3] lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Gefährdung durch potentielle Wasserstoffverbrennungen im Sicherheitsbehälter wird durch die kontinuierliche Verminderung der Wasserstoff- und Sauerstoff-Anteile durch die katalytische Reaktion vor allem im langfristigen Bereich signifikant verringert.
- Die unfallbedingte Gasverteilung in der Sicherheitsbehälter-Atmosphäre bewirkt eine unterschiedliche Wirksamkeit der Rekombinatoren,
- Der Aufstellungsort der Rekombinatoren, d. h. die anzutreffenden Strömungsverhältnisse und insbesondere die Intensität und das Ausmaß der Globalkonvektion, bestimmen maßgeblich die Rekombinatorleistung. Freie Strömungswege (z. B. durch gezieltes Öffnen von Türen im Bereich des Trümmerschutzzylinders) verbessern die Wirksamkeit,

- Kurzzeitige, hohe Wasserstoff-Freisetzungen können durch die begrenzte Abbauleistung der Rekombinatoren nicht sicher beherrscht werden. Durch die kontinuierliche Rekombinationswirkung und der gleichzeitig stattfindenden Wasserdampf-Freisetzung ergibt sich jedoch kein kritisches Gefährdungsmoment.

Aus den Ergebnisse des analysierten Anordnungskonzepts für Rekombinatoren ergibt sich für die verschiedenen Unfallabläufe, daß grundsätzlich eine ausreichende Wirksamkeit erreichbar ist und daß weitere Verbesserungen durch Nutzung von Optimierungsreserven möglich sind. Ein entsprechender Kriterienkatalog soll die Umsetzung in den Kraftwerksanlagen unterstützen.

Der Einbau eines Rekombinator-Systems in den Sicherheitsbehälter von DWR-Anlagen weist für auslegungsüberschreitende Ereignisse einen erheblichen Sicherheitsgewinn auf.

- [1] Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke Phase B  
Verlag TÜV Rheinland, 1990,  
ISBN 3-88585-809-6
- [2] J. Rohde, M. Tiltmann, T. Fröhmel  
Investigations for the Implementation of catalytic Recombiners in Large Dry Containments in Germany  
Proceedings of the OECD/NEA/CSNI Workshop on the Implementation of Hydrogen Mitigation Techniques, Winnipeg, Manitoba, 1996, May 13-15
- [3] J. Rohde, M. Tiltmann, M. Sonnekalb  
Ergebnisse der GRS-Untersuchungen zum Einsatz katalytischer Wasserstoff-Rekombinatoren in DWR-Sicherheitsbehältern  
21. GRS-Fachgespräch, Garching 4. 11. 1997

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Wissenschaftliche Kurzberichte

#### Qualifizierungsmerkmale rechnergestützter Sicherheitstechnik für Kernkraftwerke – Was leistet ein gestaffeltes Qualifizierungskonzept?

F. Seidel

In Deutschland wird die rechnergestützte Leittechnik zunächst für Leittechnikfunktionen ohne Sicherheitsbedeutung (Betriebsleittechnik) oder mit nur geringer sicherheitstechnischer Bedeutung (sicherheitsrelevante Funktionen wie Reaktorleistungsbegrenzung) eingesetzt, um einerseits die funktionalen Vorteile für komplexe Regelungs- und Begrenzungsaufgaben auszunutzen und andererseits Qualifizierungs- und Betriebserfahrungen für den späteren Einsatz dieser Technik mit hoher sicherheitstechnischer Bedeutung (z. B. Reaktorschutz) zu sammeln. Auf der Grundlage deutscher und internationaler Standards wird von den Leittechnikherstellern eine Qualifizierungsstrategie entwickelt, die den gesamten Lebenszyklus der Leittechnik umfaßt und von einer Kategorisierung der Leittechnikfunktionen nach deren sicherheitstechnischer Bedeutung ausgeht.

Parallel zur technischen Entwicklung wird seitens der Behörden und Gutachter die Einführung der rechnergestützten Leittechnik vorbereitet. Schwerpunkte dazu sind die Weiterentwicklung von Regeln und Standards sowie die Ableitung von Qualifizierungsanforderungen und entsprechender Nachweiskriterien. Beide Forschungsrichtungen werden im Auftrag des BMU vom Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) mit BfS-Fachbetreuung behandelt. Weltweit wird dabei wie folgt vorgegangen: Identifizierung genehmigungsrelevanter Fragestellungen (Issues); Identifizierung von Lücken im Regelwerk; Ableitung von Nachweiskriterien und entsprechenden Qualifizierungsanforderungen. Für ein spezielles technisches Konzept müssen danach die Qualifizierungs- und Nachweismethoden ausgesucht und aufeinander abgestimmt werden.

Die genehmigungsrelevanten Fragestellungen wurden von verschiedenen inter-

nationalen Gremien nahezu in Übereinstimmung identifiziert. Die aus unserer Sicht wesentlichen Fragestellungen sind in **Tabelle KT-1** zusammengestellt. Auf dem Weg zu Kriterien für die Beurteilung der Genehmigungsfähigkeit nähern sich international die Standpunkte aneinander an. Z. B. verliert das quantitative probabilistische Vorgehen für die Genehmigung rechnergestützter Leittechnik an Bedeutung; der Nachweis zur Erfüllung dieser Kriterien kann mit den derzeit verfügbaren Methoden praktisch nicht geführt werden. Ferner besteht weitgehende Übereinstimmung darüber, daß sich das Qualifizierungsverfahren über alle Phasen des Lebenszyklus erstrecken muß. Als weiteres Kriterium wird weltweit gefordert, daß vom Leittechniksystem ein systematischer Ausfall infolge eines Softwarefehlers beherrscht werden muß. Für den Nachweis dieser Kriterien steht eine Vielzahl konstruktiver und analytischer Qualifizierungsverfahren zur Verfügung, die unterschiedlich miteinander kombinierbar sind. Folgerichtig gibt es voneinander abweichende Qualifizierungskonzepte. In **Tabelle KT-1** sind einige markante Unterschiede exemplarisch anhand des Vergleichs eines fortgeschrittenen deutschen Qualifizierungskonzeptes mit weiteren europäischen Konzepten dargestellt.

Das deutsche Konzept berücksichtigt besonders folgende Aspekte:

- Nach dem kerntechnischen Regelwerk darf die Leittechnik die Verfügbarkeit des Sicherheitssystems nicht beeinträchtigen. Sowohl Einzelfehler als auch systematischer Ausfall sind zu unterstellen.
- Hohe Zuverlässigkeitsvorgaben sind für rechnergestützte Leittechnik allein durch Prüfungen und Tests nicht nachweisbar (u. a. sind Variations- und Kombinationsmöglichkeiten für mögliche Eingabedaten zu groß). Daher ist es unabdingbar, die analytischen Maßnahmen zur Qualitätssicherung mit konstruktiven und administrativen Maßnahmen zu kombinieren.

Im Ausland wurde z. B. bisher oft Geräte-diversität als letzte wirksame Maßnahme gefordert (analoges oder digitales Backup-System). Nachteile dieser Lösung sind

erhöhte Systemkomplexität und damit ein zusätzlich erforderlicher analytischer Qualifizierungsaufwand sowie ggf. Kompatibilitätsprobleme zwischen diversifizierten Teilsystemen. Zur Qualifizierung wird eine Defense-in-depth Strategie nach **Tabelle KT-2** benutzt.

Im Vergleich zu anderen Vorgehensweisen halten wir folgende Vorteile dieser Strategie für nachvollziehbar: Ein gestaffeltes Qualifizierungskonzept erlaubt je nach Lebenszyklusphase die Abstimmung zwischen konstruktiven und analytischen Qualifizierungsmaßnahmen. Vorleistungen aus bereits abgeschlossenen Phasen können berücksichtigt werden. Z. B. ist es zweckmäßig, einzelne elementare Leittechnikfunktionen des Reaktorschutzes in kleinen, nahezu vollständig prüfbareren Modulen zu programmieren (konstruktive Maßnahme). Beim späteren Test der gesamten Software kann dann von der Exaktheit der Module ausgegangen werden (Reduzierung des analytischen Aufwands). Die Verknüpfung der Module erfolgt mit Hilfe einer graphischen Spezifikationssprache und entsprechenden Werkzeugen für Spezifikation, Programmierung und Tests. Durch diese analytischen Maßnahmen zur Fehlervermeidung lassen sich die Integrationstests (i.d.R. Simulatortests) auf wesentliche Testfälle sowie auf Belastungstests beschränken. Letztere dienen dem Nachweis, daß die Leittechnik ihre deterministische Arbeitsweise (konstruktive Vorgabe) trotz beliebiger, also nicht notwendig aus der Praxis begründbarer äußerer Störungen beibehält. Die Problematik, die Vollständigkeit der Tests bei deterministischer Vorgabe aller Ausfall- und Störungsszenarien zu erreichen, wird dabei vermieden.

Das Qualifizierungskonzept zielt vor allem auf deterministische Aussagen: Der systematische Ausfall wird durch konstruktive Maßnahmen beherrscht; eine Quantifizierung der Software-Verlässlichkeit ist damit nicht unbedingt erforderlich. Ohnehin läßt sich das Wirksamwerden von Software-Fehlern streng genommen nicht probabilistisch beschreiben. Softwarefehler sind dem Code immanent, z. B. infolge fehlerhafter Spezifikation. Falls ein Software-Fehler existiert, so ist er im Code fixiert und wird oft erst durch eine sehr seltene Para-

# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Wissenschaftliche Kurzberichte

Sicherheitsrelevante Fragestellungen	Lösung/Schwerpunkt im deutschen Qualifizierungskonzept	Anmerkungen: mögliche Zielrichtung für künftige Entwicklungen; Schwerpunkte ausländischer Konzepte
Standards, Regelwerk, Leitlinien	KTA-Regeln detailliert aber nicht rechnerspezifisch; RSK-Leitlinien	Internationale Standards (u.a. IEC) gehören i.d.R. nicht zum deutschen kerntechnischen Regelwerk; ETC: Leitlinien für den europäischen Druckwasserreaktor (EPR) derzeit in Diskussion
Einzelfehlerkriterium	Für Sicherheitssystem i.d.R. um den Instandsetzungsfall erweitert ( $n+2$ ); $n$ = Anz. d. sicherheitstechn. erforderlichen Redundanzen	Weltweites Grundprinzip; ETC: Überlagerung von Ausfällen und Instandsetzungsfall in Abhängigkeit von der Sicherheitskategorie
Systematischer Fehler/ Diversität	Systematischer Fehler bei Auslegung unterstellt; Schwerpunkt: funktionale Diversität; deterministische, asynchron-zyklische Abarbeitung der verschied. Anregungsfunktionen in redundanten Strängen; gestaffeltes Qualifizierungskonzept	Weltweit kein einheitliches Auslegungskonzept: - analoges/digitales Backup-System, z.B. zur Beherrschung des Ausfalls d. Schnellabschaltung - Diversifizierung mittels Betriebsleittechnikfunktionen, dabei unterschiedliche Qualifizierungsanforderungen
Selbstüberwachung	In D umfassend genutzt	Weltweit bei unterschiedlichem Anwendungsumfang genutzt
Quantitative Zuverlässigkeitsanforderung	Kein Genehmigungskriterium, jedoch Zuverlässigkeitsanalyse für Hardware	Im Ausland gibt es z.T. quantitative Zuverlässigkeitsvorgaben für Genehmigung; Nachweisführung dazu wird kontrovers diskutiert
Kategorisierung der Leittechnikfunktionen	Funktions- und Gerätekategorisierung: RSK-Leitlinien, Hersteller-Schema	Weltweit Funktionskategorisierung nach IEC 1226 oder reine Gerätekat. (USA, F); neu: ETC-Schema für EPR; Einordnung der Funktionen oft nicht eindeutig, s. z.B. Alarmfunktionen
Betriebserfahrungen mit rechnergestützter Leittechnik	In D im Bereich geringer Sicherheitsbedeutung	F, GB, Kanada: auch für sicherheitskritische Funktionen; internationaler Austausch von Betriebserfahrungen ist erwünscht
Systemarchitektur	In D flexibles Basiskonzept; anlagenspezif. Auslegung entsprechend sicherheitstechnischer Bedeutung der Leittechnikfunktionen; kein umfassendes Backup-System	Anlagenspezifisches Basiskonzept für sicherheitskritische Leittechnikfunktionen; i.d.R. Einsatz eines Backup-Systems zum Nachweis quantitativer Zuverlässigkeitskriterien
Neuentw. v. Hardware- u. Software- Kompon. (HW/SW)	Satz anlagenunspezifischer Geräte und SW-Module für breites Anwendungsspektrum; variabel konfigurierbar	Vorwiegend anlagenspezifische Entwicklung
HW-/SW-Qualifiz.	Durchgängig werkzeuggestützt; Typtest	Methode zum SW-Typtest wurde in D entwickelt und eingesetzt
Standard-SW-Qualifiz.	Schwerpunkt: Betriebssystem, Datentransfer	Qualifizierungs- und Nachweiskonzepte werden derzeit entwickelt
SW-Entwicklungsprozeß	Strukturiert (Lebenszyklusmodell); werkzeuggestützt ab Spezifikationsphase; graphische Spezifikations-sprache; Entwicklung und Test durch unabhängige Teams	Weltweiter Trend zur Werkzeugunterstützung und Anwendung des Lebenszyklusmodells: in F Entwicklung universeller Werkzeuge; Symbolsprache zur Unterstützung der Anforderungsspezifikation; unterschiedliche Auffassungen zu formalen Nachweismethoden
Systemqualifizierung	Schwerpunkt: frühzeitige Simulator-tests in Einzelrechnerumgebung; Labortests an repräsentativer Anordnung; Inbetriebsetzungstests	Weltweit nach Lebenszyklusmodell strukturiert; unterschiedliche Kombination/Gewichtung vergleichbarer Maßnahmen

**Tabelle KT-1**

Ansatzpunkte für die weitere Harmonisierung von Qualifizierungsanforderungen an rechnergestützte Sicherheitsleittechnik.

meterkombination aktiviert. Dadurch entsteht fälschlich der Eindruck eines stochastischen Software-Fehlverhaltens.

Die oben dargestellte Qualifizierungsstrategie befördert ferner das in Deutschland angestrebte Konzept der Anpassungsfä-

higkeit der Leittechnikbasisauslegung an die für verschiedene Reaktorkonzepte vorgegebene anlagentechnische Auslegung des Sicherheitssystems.

Die wesentliche Forderung des kerntechnischen Regelwerkes, daß die Leittechnik

nicht die Verfügbarkeit des Systems bestimmen darf, bleibt damit bereits vom Basiskonzept her erfüllbar.

Die Qualifizierungsmethodik ist insbesondere für anwendungsspezifische Software geeignet. Bei Standardsoftware hingegen

# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Wissenschaftliche Kurzberichte

Staffelung	Konstruktive Maßnahmen	Analytische Maßnahmen	Administrative Maßnahmen
Fehlervermeidung	Kategorisierung von Leittechnikfunktionen; einfacher Hardware-/Softwareaufbau; deterministische Funktionsweise	Nutzung einer (grafischen) Spezifikationsprache; durchgängige Werkzeugnutzung bei Softwareentwicklung	Qualitätssicherungsverfahren für Soft- und Hardwareentwicklung; komplette Entwicklungs- u. Benutzerdokumentation; Konfigurationsmanagement
Fehlerdetektion und -beseitigung	Konstruktive Vorkehrungen zur Gewährleistung der Prüfbarkeit	Umfassende Verifikation und Validation entsprechend Lebenszyklusmodell; formale Methoden; Typentest für Hard- und Software; Simulatortest; repräsentative Prüffeldtests; Inbetriebsetzungstest, wiederkehrende Prüfung	Unabhängigkeit zwischen Konstruktion und Qualifizierung; vollständige Testdokumentation (einschließlich Fehlererfassung); Konfigurationsmanagement
Fehlertoleranz	Redundanz bei räumlich-funktioneller Trennung, (funktionale) Diversität, Funktionsfähigkeit der Leittechnik ist zustandsunabhängig (z.B. zyklisch-asynchroner Arbeitsmodus)	Umfassender Selbsttest der Leittechnik während des Betriebs mit automatischer sicherheitsgerichteter Fehlerreaktion	

**Tabelle KT-2:**  
Gestaffeltes Qualifizierungskonzept (ausgewählte Qualifizierungsmerkmale).

sind die Entwicklungsschritte i.d.R. bis zur Programmierung abgeschlossen und im Detail oft nicht nachvollziehbar. Die Methodik zur Nachqualifizierung wird derzeit noch optimiert. In Anwendung auf Compiler wird beispielsweise herstellerseitig die Menge der genutzten Optionen auf das Erforderliche eingeschränkt. Teilweise versuchen Gutachter, den Objektcode rückzuübersetzen.

In einschlägigen BMU-Forschungsvorhaben werden derzeit folgende Schwerpunkte behandelt:

- Erarbeitung von Vorschlägen zur weiteren Harmonisierung europäischer Sicherheitsanforderungen an rechnergestützte Sicherheitsleittechnik,
- Vorschläge für ein Qualifizierungskonzept zum Nachweis der als wesentlich zu identifizierenden Genehmigungsanforderungen an rechnergestützte Sicherheitsleittechnik,
- Bewertung von Erfahrungen bei der Modernisierung von sicherheitsrelevanter Leit- und Wartentechnik sowie
- Untersuchung von Qualifizierungsanforderungen an anwendungsspezifische integrierte Schaltkreise (ASICs) für den sicherheitsrelevanten Einsatz in KKW.

# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Analyse von Trajektorien für den Luftmassentransport von Standorten Kerntechnischer Anlagen Ost

F. W. Krüger, E. Spoden

Auch aus weit von Deutschland entfernten Kerntechnischen Anlagen erreichen unfallbedingt in die Luft freigesetzte radioaktive Stoffe mit gewisser Wahrscheinlichkeit und nach längerer Transportzeit den deutschen Luftraum.

Bisher fehlen quantitative Angaben, um die Bedeutung des Einflusses der geographischen Lage des Unfallortes auf Gefahren und Notfallschutz bewerten zu können. Für Standorte von Kernkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen in Staaten Mittel- und Osteuropas sowie in der Gemeinschaft Unabhängiger Staaten (Kerntechnische Anlagen Ost) sollen dazu genauere Angaben gewonnen werden.

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) verfügt über Verfahren, mit denen die Pfade von Luftmassenschwerpunkten, die sogenannten Trajektorien über längere Zeit retrospektiv berechnet und prognostisch vorausbestimmt werden können [1]. Die relativ einfache Auswertung der Trajektorien über einen längeren Beobachtungszeitraum erlaubt tiefere Einblicke in den atmosphärischen Transport der Luftmassen von den Standorten Kerntechnischer Anlagen Ost nach Deutschland.

Die statistische Analyse der Trajektorien kann zur Beantwortung folgender Fragen herangezogen werden:

- a) Kann man damit rechnen, daß die von Kerntechnischen Anlagen Ost ausgehende Gefährdung für Deutschland merklich reduziert wird, weil freigesetzte Radioaktivität Deutschland nach einem Unfall nur mit geringer Wahrscheinlichkeit erreicht?
- b) Kann bei der Vorbereitung von Vorsorgemaßnahmen abhängig vom Standort (und eventuell auch abhängig von der Großwetterlage) mit unterschiedlichen Vorwarnzeiten zwischen dem Eintritt eines Unfalls in einer Kerntechnischen Anlage Ost und dem Beginn

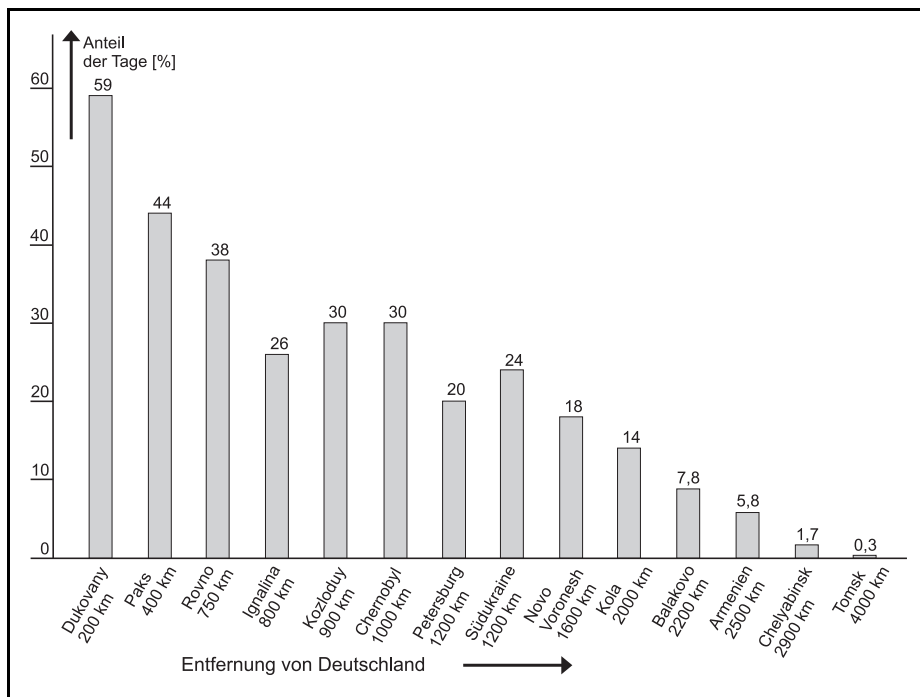


Abbildung KT-2

Anteil der Tage, an denen mindestens eine vom Standort ausgehende Trajektorie Deutschland erreicht – Zeitraum November 1995 bis Oktober 1996 (Starthöhen zwischen 50 m und 3000 m; Trajektorienlänge 7 Tage)

einer Beeinträchtigung in Deutschland gerechnet werden?

Neben der statistischen Auswertung ist auch die Auswahl von Fällen möglich, für die vertiefende Analysen sinnvoll sind. Für nach Deutschland gelangende Trajektorien können u. a. Fragen nach der dafür charakteristischen Wettersituation beantwortet und in Einzelfällen auch weitergehend Ausbreitungsrechnungen zur Ermittlung der Aktivitätsverhältnisse durchgeführt werden.

Für ausgewählte Standorte (s. auch **Abbildung KT-2** und **KT-3**) berechnet die Abteilung Forschung des DWD\* täglich Trajektorien und übermittelt sie per e-mail zur statistischen Auswertung und Analyse an das BfS. Die Rechnungen werden für vier

\* Für die Beratung zum Vorhaben sowie die Bereitstellung und Übermittlung der Daten durch den DWD sind wir Frau B. Fay zu besonderem Dank verpflichtet.

Starthöhen der Emission (50 m, 500 m, 1500 m und 3000 m über Grund) durchgeführt. Sie basieren auf Globalmodell-Analysen im 6 h-Abstand für die ersten 5 Tage. Für die nächsten 2 Tage erfolgt eine 48 h-Prognose des Globalmodells des DWD (mit Windfeldern im 3 h-Abstand). Der Zeitschritt im Trajektorienmodell beträgt 0,5 Stunden. Die Koordinaten des Reisewegs werden für die gesamte Reisezeit von 7 Tagen im Abstand von 6 Stunden ausgegeben.

Aus der Gesamtmenge der übermittelten Daten werden mit dem im BfS entwickelten FORTRAN-Programm TRAJEK die Trajektorien herausgesucht, die Deutschland berühren. Die Deutschland beschreibende Zielfläche wird dabei zunächst durch zwei Rechtecke dargestellt, die das deutsche Territorium überdecken. Für die Trajektorien, die das Zielgebiet berühren, werden der Startort, das Datum des Starts, die Transportzeit zum Zielgebiet und die Lagekoordinaten für den das Zielgebiet be-

# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Wissenschaftliche Kurzberichte

rührenden Teil der Trajektorie ermittelt und für Analysen zur Verfügung gestellt.

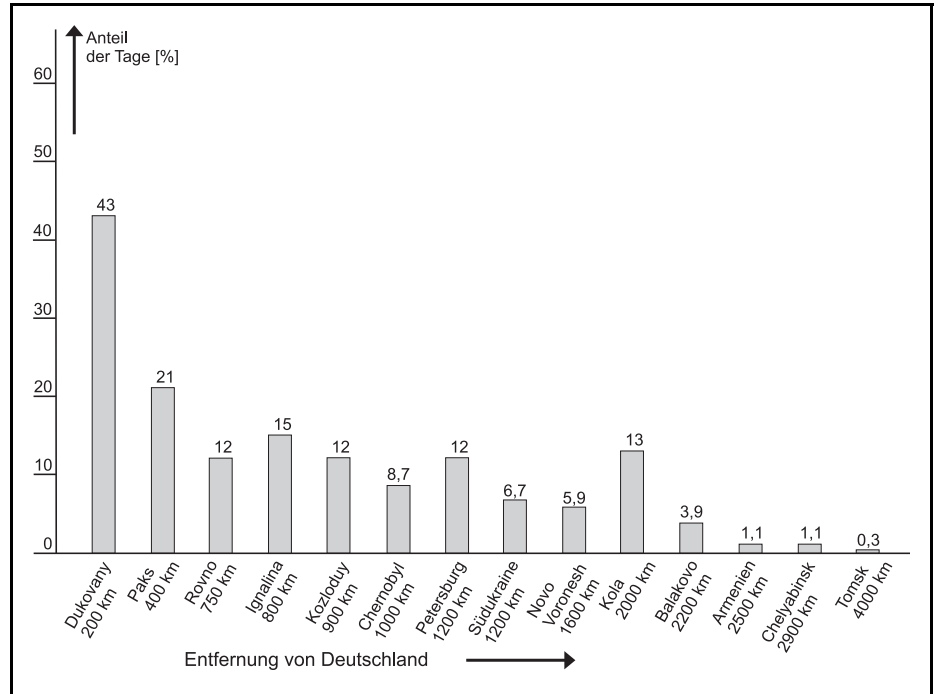
Die weitere Auswertung erfolgt ebenfalls mit FORTRAN-Programmen. Diese Programme berechnen für ausgewählte Zeiträume die Anzahl von Tagen mit einem Lufttransport nach Deutschland sowie für die verschiedenen Starthöhen:

- die Zahl der Deutschland berührenden Trajektorien,
- die kleinste Transportzeit nach Deutschland,
- die größte Transportzeit nach Deutschland,
- die mittlere Transportzeit nach Deutschland und
- die Verteilung der Transportzeiten nach Deutschland.

Aus numerischen Gründen muß die Berechnung der Trajektorien abgebrochen werden, wenn sie in die Nähe des Nordpols gelangen. Die Zahl der in Polnähe abgebrochenen Berechnungen wird ebenfalls angegeben.

Die Berechnung und Übermittlung der Trajektorien wurden Ende Oktober 1995 begonnen. Sie läuft weitgehend störungsfrei. In den 12 Monaten zwischen dem 1. November 1995 und dem 31. Oktober 1996 traten nur an 8 Tagen Störungen auf, die eine Berechnung oder Übermittlung der Daten verhinderten. In den nächsten 7 Monaten gab es Ausfälle an insgesamt 7 Tagen. Einige der bisher erzielten Ergebnisse enthalten die **Abbildung KT-2** und **KT-3**. Dargestellt sind die Wahrscheinlichkeiten, mit denen eine vom jeweiligen Standort ausgehende Trajektorie im Verlauf von bis zu 7 Tagen das Deutschland beschreibende Zielgebiet erreicht.

Der über die gesamte Beobachtungszeit gebildete Mittelwert täuscht über jahreszeitlich auch länger anhaltende Unterschiede hin, die für eine Reihe von Standorten zu beobachten sind. Die zeitlichen Schwankungen der Ausbreitungsverhältnisse wurden näher untersucht. Etwa von Anfang Dezember 1995 bis Mitte Mai 1996 herrschten relativ gleichmäßige Verhältnisse für den Luftmassentransport von östlich



**Abbildung KT-3:**

Anteil der Tage, an denen mindestens eine vom Standort ausgehende Trajektorie Deutschland erreicht – Zeitraum November 1996 bis Oktober 1997 (Starthöhen zwischen 50 m und 3000 m; Trajektorienlänge 7 Tage)

und südöstlich gelegenen Standorten. Anschließend bildete sich einschließlich des Sommer 1996 eine Wetterlage heraus, die den Luftmassentransport aus östlichen Richtungen stark reduzierte. Im Winter 1996/1997 gab es keine Umstellung auf eine häufigere Luftströmung aus dem Osten. Die **Abbildung KT-3** zeigt, daß dadurch gegenüber dem Vorjahr niedrigere Wahrscheinlichkeiten für den Lufttransport von östlich gelegenen Standorten (Rovno, Chernobyl, Novo Voronesh, Balakovo und Chelyabinsk) auftraten.

Weitere Untersuchungen betreffen den Einfluß der Starthöhe, die Verteilung der Transportzeiten nach Deutschland und die Andauer zusammenhängender Zeitabschnitte, in denen die von einem Standort ausgehenden Trajektorien das Zielgebiet erreichen. Die Dauer und die Häufigkeit zusammenhängender Transportperioden nehmen mit zunehmender Entfernung deutlich ab.

Für weitergehende statistische Analysen insbesondere zum jahreszeitlichen Verlauf der Bedingungen für den Luftmassentransport ist der Auswertungszeitraum von bisher 24 Monaten noch zu gering. Es ist erforderlich und vorgesehen, die Rechnungen über mehrere Jahre fortzusetzen, um ein verlässliches Datenmaterial zu erhalten. Dann können auch Korrelationen der Transportverhältnisse zu den Großwetterlagen von Europa untersucht werden. Der dafür erforderliche Aufwand erscheint vertretbar.

[1] Quarterly Report of the Operational Numerical Weather Prediction-Models of the Deutscher Wetterdienst  
 Periodische Veröffentlichung durch:  
 Deutscher Wetterdienst, Zentralamt,  
 Abteilung Forschung, Postfach  
 10 04 65, 63004 Offenbach a. M.

z. Zt. letzter Bericht No. 11, July 1997



# Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Übersicht über Stilllegungsprojekte in Deutschland

#### Teil I: Kernkraftwerke und Prototypreaktoren

E. Spoden, C. Teichmann, G. Jäger

Es wurde eine Übersicht über deutsche Stilllegungsprojekte (Genehmigung § 7 (3) AtG), die sich in den verschiedensten Phasen der Stilllegung befinden, zusammengestellt. Im Teil I werden die Leistungs- und Prototypreaktoren untersucht und beschrieben. Es sind weitere Teile (Teil II „Forschungsreaktoren“, Teil III „Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufes“) geplant.

Folgende Anlagen wurden in Teil I erfaßt.

- Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Jülich (AVR),
- Kernkraftwerk Gundremmingen – Block A (KRB-A),
- Heißdampfreaktor Großwelzheim (HDR),
- Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage-II (KNK II),
- Mehrzweckforschungsreaktor Karlsruhe (MZFR),
- Kernkraftwerk Niederaichbach (KKN),
- Kernkraftwerk Lingen (KWL),
- Thorium-Hochtemperaturreaktor (THTR 300),
- Kernkraftwerk Würgassen (KWW),
- Versuchs-Atomkraftwerk Kahl (VAK),
- Kernkraftwerk Greifswald (KGR),
- Kernkraftwerk Rheinsberg (KKR).

Das Kernkraftwerk Niederaichbach wurde vollständigshalber mit beschrieben, obwohl es als erstes und bisher einziges deutsche KKW bereits am 17.08.1995 bis zur „Grünen Wiese“ zurückgebaut wurde,.

Die Beschreibung der einzelnen Stilllegungsprojekte erfolgte nach der im Stille-

gungsleitfaden empfohlenen Gliederung zur Anlagendokumentation:

- Kurzbeschreibung der Anlage,
- Kurzbeschreibung der Betriebsgeschichte einschließlich von Besonderheiten (Störfälle, Nachrüstmaßnahmen),
- Darstellung des Stilllegungsablaufes:
- Konzept der Stilllegung,
- Kurzfassung des Sicherheitsberichtes,
- Dekontaminationsverfahren,
- Zerlegeverfahren,
- Reststoffprobleme (u. a. Konditionierungs- und Freimeißverfahren, Entsorgung),
- Technische Probleme bzw. Besonderheiten (z. B. mock-up für zu zerlegende Anlagen),
- Emissionen (Abluft, Abwasser) sowie Strahlenbelastung (Eigen-, Fremdpersonal),
- Darstellung des Genehmigungsverfahrens:
- Genehmigungsschritte,
- Genehmigungsinhalte und Dokumentenauflistung.

Die Übersicht über die Stilllegungsprojekte bei Leistungs- und Prototypreaktoren ergibt folgende Erkenntnisse:

- Die Stilllegung von kerntechnischen Anlagen wird im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen und der Finanzierung erfolgreich durchgeführt.
- Das Gefährdungspotential von kerntechnischen Anlagen liegt während der Stilllegung um Größenordnungen unter dem während des Betriebs.
- Die behördlich genehmigten Werte für die Ableitung radioaktiver Stoffe (Abluft, Abwasser) werden während der Stilllegung der Anlagen nur bis in den Prozentbereich in Anspruch genommen.
- Die *tatsächlich* aufgetretene individuelle Strahlenexposition bei den bisher durchgeführten Stilllegungsarbeiten be-

trug maximal 10,5 mSv/Jahr und lag im Mittel unter 1 mSv/Jahr.

### Auswertung unplanmäßiger Ereignisse in Kernkraftwerken mit sowjetischen Reaktoren in Osteuropa im Jahre 1995

L. Albrecht

Es wurde eine Übersicht erarbeitet und eine Auswertung der unplanmäßigen Ereignisse aus den Kernkraftwerken Bulgariens, der Tschechischen Republik, der Slowakischen Republik, Ungarns, Litauens, Rußlands und der Ukraine im Jahr 1995 durchgeführt. Dabei sind nur die Kraftwerke berücksichtigt worden, die mit Reaktoren vom Typ WWER (Druckwasserreaktoren) und RBMK (wassergekühlte, graphitmoderierte Druckröhren-Siedewasserreaktoren) arbeiten. Nicht einbezogen in die Auswertung wurden die schnellen Reaktoren BN 350 und BN 600 in Beloyarsk und Shevchenko (Kasachstan) sowie die 4 Kleinkraftwerke von Bilibino, da sie noch nicht bzw. nicht mehr als Entwicklungsrichtungen im Gespräch sind. Grundlagen dieses Berichtes sind der Bericht „OPERATION EXPERIENCE WITH NUCLEAR POWER STATIONS IN MEMBER STATES IN 1995“, IAEA, VIENNA 1996, sowie Informationen aus dem INCIDENT REPORTING SYSTEM (IRS) und der International Nuclear Event Scale (INES) der IAEA sowie auch Informationen der zuständigen Behörden.

In die Auswertung wurden 160 unplanmäßige Ereignisse einbezogen:

- 58 % aller Störungen traten im sogenannten konventionellen Teil der Kraftwerke auf.
- Die 1000 MW WWER haben erstmalig ihre bisherige vorherrschende Stellung im Störungsgeschehen abgegeben. Dadurch, daß sie ihre bisher geringste Störungsquote von 3,3 Störungen pro Block erreicht haben, lieferten im Jahre 1995 die WWER-213 (440 MW) den größten Beitrag zum Störungsgeschehen.

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Wissenschaftliche Kurzberichte

---

- Die auffälligsten Systeme im Störgeschehen sind nach wie vor die Turbinen, der Hauptgenerator und das Speisewasser- und Frischdampfsystem mit über 60 % Anteil am Gesamtstörungsgeschehen.
  - Die Leckagen haben insgesamt weiter abgenommen. Der konventionelle Teil ist mit 75 % daran beteiligt.
  - 3,75 % aller Störungen sind durch menschliches Fehlverhalten ausgelöst worden. Das bedeutet eine starke Abnahme gegenüber den letzten Jahren.
  - Der bedeutendste Störfall trat 1995 am Block 4 in Kursk auf, als beim Bergen eines defekten Brennelements 2 Personen mit mehr als der zulässigen Jahresdosis bestrahlt wurden.
- In einer 7-Jahresanalyse (1989–95) wurden die Trends des Störungsgeschehens in Abhängigkeit von den Erzeugerländern bzw. dem Reaktortyp errechnet. Die Trendgeraden wurden einem Korrelations-test unterzogen. Diese Tests zeigen, daß bisher nur sehr wenige der Trendgeraden als signifikant bezeichnet werden können. So zeigt der Trend für Bulgarien eine glaubwürdige Abnahme des Störungsgeschehens. Dieses trifft ebenfalls für den WWER-1000 zu.
- Alle anderen Trends kann man mit den bis 1995 ermittelten Werten noch nicht als signifikant einordnen.

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Wissenschaftliche Veranstaltungen

#### 4. Informationsveranstaltung zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr

**„Zweckmäßiges gemeinsames Vorgehen der zuständigen Behörden im Nachsorgefall bei der Sicherstellung eines Körpers mit radioaktiven und vermutlich explosionsfähigen Stoffen“  
BfS, Salzgitter, 4./5. März 1997**

Berichterstatter: J. Kesten

Der Fachbereich KT führte in Zusammenarbeit mit dem BMU die 4. Informationsveranstaltung im Rahmen der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr in Salzgitter-Bad durch. Es nahmen über 100 Vertreter der für die Gefahrenabwehr zuständigen Ämter, Behörden und Ministerien der Länder und des Bundes teil, darunter erstmals auch aus europäischen Nachbarländern. In insgesamt 8 Vorträgen wurden die anstehenden Probleme vorgetragen, diskutiert und Lösungsansätze herausgearbeitet.

Den Schwerpunkt der Veranstaltung bildeten die Ausbreitungsbedingungen für radioaktive Stoffe bei einer nicht auszuschließenden Umsetzung einer unkon-

ventionellen Spreng- und Brandvorrichtung (USBV). In den Vorträgen des TÜV Bayern, der GRS und des Amtes für Wehrgeophysik wurde dargestellt, wie die Ausbreitung von dispersiven Stoffen durch bodennahe Einflüsse wie Gebäude, Wald und Geländestrukturen beeinflusst werden kann.

Anhand von praktischen Beispielen wurde in einem Steinbruch gezeigt, wie mit einfachen Mitteln erste Anhaltspunkte über die herrschende Windrichtung und Windgeschwindigkeit – z. B. mit Nebelkerzen – gewonnen werden können.

Weitere Vorträge befaßten sich mit folgenden Themen:

- Untersuchung von radioaktiven Stoffen auf ihre mögliche Verwendbarkeit zu erpresserischen Zwecken in einer USBV. Als Kriterien dienten dabei die Eigengefährdung des Täters bei der Herstellung der USBV, die Gefährdung der Entschärfer, die Beschaffbarkeit der radioaktiven Materialien, die spezifische Aktivität, die Gefährdung durch Inhalation, die Dispersibilität des Materials sowie die psychologische Wirkung.
- Beschreibung verschiedener Strategien zur Suche von radioaktiven Stoffen und der hierfür einsetzbaren Meßtech-

nik (Ortsdosisleistungs-Meßgeräte und Szintillationssonden für Gammastrahler bzw. He-3 oder BaF-Neutronendetektoren für Neutronen emittierende Kernbrennstoffe) mit Hinweis auf die technisch und physikalisch bedingten Nachweisgrenzen.

- Einfluß von starken Gammastrahlern wie Cs-137 und Co-60 auf die Auswertbarkeit von Röntgenbildern. Es wurde festgestellt, daß die notwendige Dosis für eine Überbelichtung des Filmmaterials mit steigender Energie der Gammastrahlung zunimmt, aber auch bei niedrigen Gammaenergien von 74 keV noch eine Dosis von 10 mSv benötigt wird. Bei einer Aufnahmedauer von höchstens 1 Minute entspricht dieses einer Dosisleistung von 600 mSv/h! Daher kann in den überwiegenden Fällen davon ausgegangen werden, daß eine Beeinträchtigung des Filmmaterials durch handhabbare Quellen nicht gegeben ist.

Die Diskussion im Anschluß an die Vorträge ergab, daß es unbedingt erforderlich ist, bei einem ungewollten Umsetzen einer USBV die Ausbreitung radioaktiver Stoffe in die Umgebung zu verhindern und entsprechende Forschungsvorhaben voranzutreiben.

Vakatseite

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Internationale Zusammenarbeit

#### **Arbeitsgruppe der CNRA der OECD/NEA über Methoden der staatlichen Aufsicht bei kerntechnischen Anlagen**

Deutscher Vertreter: H. Klönk

Die CNRA der OECD/NEA hat zu ihrer Unterstützung die Arbeitsgruppe „Working Group on Inspection Practices (WGIP)“ eingesetzt. Ziel der WGIP ist der internationale Erfahrungsaustausch und die Erarbeitung von Vorschlägen für Methoden und Vorgehensweisen bei der staatlichen Aufsicht und Inspektion von kerntechnischen Anlagen. Sitzungen der WGIP fanden am 20.–23. Mai 1997 in Tokio/Japan und am 6.–9. Oktober 1997 in Würenlingen/Schweiz statt. An den Sitzungen nehmen Vertreter aus allen maßgeblichen kernenergienutzenden OECD-Ländern teil. Regelmäßig wird in den Sitzungen über aufsichtlich relevante Ereignisse in Kernanlagen berichtet und werden neuere Entwicklungen in der Vorgehensweise bei der atomrechtlichen Aufsichtspraxis dargestellt.

Ergänzt, aktualisiert und als Neuauflage des früheren OECD-Berichtes von 1994 herausgegeben wurde eine Übersicht über Strategien und Methoden der behördlichen Aufsicht bei Kernkraftwerken. Der Bericht wurde auch auf Nichtmitgliedsländer erweitert, so daß nunmehr 32 Länder dargestellt sind.

Die in der WGIP behandelten Sachthemen werden anhand einzelner Beiträge der Mitglieder hierzu zusammenfassend in Berichten dargestellt und dem CNRA zur Billigung der Veröffentlichung vorgelegt. Die derzeit aktuellen Themen in der Bearbeitung sind die Fortführung des von der CNRA vorgegebenen Themas „Methods to Evaluate Safety Performance of Licensees“, nunmehr dargestellt durch das Thema „Performance Indicators and Combining Assessments to Evaluate the Safety Performance of Licensees“, weiterhin Notfallvorsorge, behördliche Lizenzierung von Schichtpersonal, und die aufsichtlichen Tätigkeiten im Bereich Brennelemente, deren Handhabung und Einsatz im Reaktor. Zu letzterem Thema hat der Berichterstat-

ter die Koordinierung der Berichterstellung und Zusammenfassung der Ergebnisse übernommen. Zukünftige Themen werden Stilllegung und DV-Einsatz bei den Aufsichtsbehörden sein.

Die Arbeit der WGIP ist neben den halbjährlichen Sitzungen schwerpunktmäßig durch die Durchführung internationaler Workshops gekennzeichnet, um den Erfahrungsaustausch über den engeren Kreis der Arbeitsgruppenmitglieder hinaus zu erweitern. Der seit 1992 nunmehr vierte von der WGIP veranstaltete Workshop wird vom 7.–11. Juni 1998 in Prag stattfinden. Die Themen des Workshops wurden in der WGIP inhaltlich vorbereitet. Die Mitglieder der WGIP werden an diesem Workshop wiederum aktiv als Moderatoren und Berichtersteller der Arbeitsgruppen teilnehmen.

#### **IAEA: Consultants Meeting zur Neufassung von Safety Series No. 50 C-O (Rev. 1) „The Safety of Nuclear Power Plants: Operation – Requirements“**

Wien, 20.–24. Januar 1997 und 20.–24. Oktober 1997

Deutscher Vertreter: H. Klönk

Beide Arbeitstreffen waren die Fortsetzung eines Consultant Meetings im Juli 1996. Aufgabe damals war die Überarbeitung und Aktualisierung des NUSS-Standards zum Betrieb von Kernkraftwerken: Safety Series No. 50 C-O (Rev. 1), Code on the Safety of NPPs: Operation. Diese Unterlage wurde im Jahre 1988 von der IAEA veröffentlicht. Seitdem sind 1993 die Safety Fundamentals (Safety Series No. 110) erschienen, außerdem wurden in der Zwischenzeit weitere Standards und Safety-Guides im Rahmen des NUSS-Programms erarbeitet. Der „Code on Operation“, jetzige Bezeichnung „The Safety of Nuclear Power Plants: Operation – Requirements“, war deshalb vom Beratungskomitee NUSSAC als eines der Dokumente

angesehen worden, die mit höchster Priorität zu überarbeiten sind. Ziel der IAEA ist es, bis zum Jahre 2000 alle NUSS-Dokumente im Hinblick auf den Stand der Sicherheitstechnik, neuere als „good practice“ etablierte Vorgehensweisen, durchgängige Konsistenz und die Grundprinzipien für „Safety Culture“ auf einen vergleichbaren Stand zu bringen

Die vorgelegte von der IAEA erstellte Entwurfsfassung war 1996 ausführlich diskutiert und verbessert worden. Im Anschluß daran waren Kommentare des NUSSAC-Mitglieder und Anregungen einiger Mitgliedsstaaten einzuarbeiten. Im Rahmen des Consultants Meetings im Januar 1997 wurden diese mündlichen und schriftlichen Kommentare sowie eigene Verbesserungsvorschläge bewertet und – soweit sinnvoll und konstruktiv – übernommen und eingearbeitet. Die Struktur und der Inhalt des Dokumentes konnten wesentlich verbessert werden. Neu aufgenommen und formuliert wurde ein Abschnitt über Core Management and Fuel Handling. Dieser Punkt war im alten Code von 1988 als eigenes Kapitel enthalten, auf dem Consultants Meeting im Juli 1996 als eigentlich abgedeckt durch die generellen Anforderungen zunächst gestrichen worden.

Verweise auf die übrigen IAEA- und NUSS-Dokumente in den Bereichen Qualitätssicherung, Strahlenschutz, Abfallbehandlung und Brandschutz wurden entsprechend den Kommentaren stärker herausgehoben und eingearbeitet. Dabei wurde auch inhaltlich über Verweise hinaus die für den Betrieb von Kernkraftwerken wesentlichen Anforderungen aus diesen Sachbereichen in den betreffenden Kapiteln benannt.

Es bereitet große Schwierigkeiten, Aussagen und Empfehlungen zum Thema „Safety Culture“ in verbindliche Anforderungen zu fassen. Deshalb wurde weiterhin, wie bereits im Juli 1996 versucht, bewährte betriebliche Instrumente zur innerbetrieblichen Fortentwicklung von Sicherheitskultur als Anforderungen zu formulieren.

Die Definitionen, die in der derzeitigen Fassung noch enthalten sind, wurden nicht behandelt. Zu diesen Definitionen

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Internationale Zusammenarbeit

gab es zahlreiche, zum Teil einander widersprechende Kommentare.

Entsprechend dem Beschluß im NUSSAC-Komitee im November 1996 wurde die Unterlage nach der Überarbeitung im Januar 1997 anschließend den IAEA-Mitgliedsstaaten zur Kommentierung vorgelegt.

Zur Bewertung und gegebenenfalls Einarbeitung von Vorschlägen war der Berichtsersteller, da im Bereich IAEA die Bearbeiter gewechselt hatten, die einzige Person, die die Beratungen über die Neufassung von Anfang an begleitet hatte und somit für die Kontinuität der Arbeit sorgen konnte. Durch Mitarbeiter der IAEA waren die von insgesamt 15 IAEA-Mitgliedsstaaten vorgelegten Kommentare zusammengestellt, bereits vorbewertet und Vorschläge zur Akzeptierbarkeit oder Modifikation des Textes vorbereitet worden.

Alle Kommentare, Textvorschläge oder Anregungen wurden im Einzelnen bewertet und diskutiert. Dabei konnten in vielen Punkten den Anregungen entsprochen und textliche Unschärfen beseitigt werden. Sich überschneidende Vorschläge konnten in den meisten Fällen bereinigt werden. Das Kapitel über Brandschutz wurde völlig neu gefaßt, da in der Zwischenzeit auch andere NUSS-Dokumente zu diesem Thema in Bearbeitung sind. Bei einigen Punkten mußte im Hinblick auf die Diskussionen in den vorangegangenen Consultants-Meetings auf der ursprünglichen Fassung oder der Beibehaltung ihrer Intention bestanden werden. Bis auf wenige Ausnahmen wurde bei allen Änderungsvorschlägen auch Konsens mit den Mitarbeitern der IAEA erreicht. Für die Punkte mit unterschiedlicher Auffassung wird die IAEA eine eigene Entscheidung fällen müssen.

Nicht bearbeitet wurden die Kommentare der IAEA-Mitgliedsstaaten zu den Definitionen im Anhang der Unterlage, die auch in der Fassung vom Januar 1997 noch enthalten sind. Die Definitionen waren auch von den Consultants der früheren Treffen nicht bearbeitet worden. Zu Beginn des Jahres 1998 soll mit der noch erforderlichen Überarbeitung und Zusammenstellung der Definitionen einheitlich und um-

fassend für alle NUSS-Dokumente begonnen werden.

Im Rahmen der NUSS-Serie „Nuclear Safety Standard Documents“ werden die früheren „Codes“ und jetzigen „Standards“ zukünftig mit dem Zusatz „Requirements“ versehen werden. Die zugehörigen Safety Guides unter dem Standard **„The Safety of Nuclear Power Plants: Operation“** werden derzeit von IAEA vorbereitet und mit Consultants beraten. Ein Terminplan hierzu über insgesamt zwölf Safety Guides liegt vor und deckt den Zeitraum bis zum Jahre 2000 ab.

Im September 2000 ist die Veröffentlichung sämtlicher Dokumente der Safety Series „Safe Operation of NPP's“ in geschlossener Form vorgesehen. Bis dahin wird der jetzt vorliegende Entwurf des Standards (wie bearbeitet) möglicherweise in anderer geeigneter Form, z. B. als TECDOC, zur Information der Mitgliedsstaaten herausgegeben werden.

---

#### **EU Task Force on Safety Critical Software – Licensing Issues**

---

*Deutscher Vertreter: F. Seidel*

Die Arbeitsgruppe wurde 1995 mit dem Ziel gebildet, die noch offenen genehmigungsrelevanten Fragestellungen (Issues) zum Einsatz von rechnergestützter Sicherheitsleittechnik in Kernkraftwerken zu identifizieren und dazu eine möglichst von allen europäischen Genehmigungsbehörden vertretbare Position zu beziehen, die dem erreichten internationalen Wissensstand entspricht. Die Arbeitsgruppe identifizierte sieben allgemeine Issues (1.1 Sicherheits-Klassifizierung, 1.2 Anzuwendende Standards, 1.3 Anwendung von Standard-Software, 1.4 Entwicklungs- und Testwerkzeuge, 1.5 Anforderungen an die Organisation, 1.6 Sicherheitsplan, 1.7 Sicherung) und acht verfahrensbezogene Issues (Issues zu einzelnen Phasen der Leittechnikentwicklung und -qualifizierung: 2.1 System- und Sicherheitsanforderungen, 2.2 Anforderungen an das Leittechnik- und Informationssystem, 2.3 Software-Entwicklung, 2.4 Software-Implementation, 2.5 Verifikation, 2.6 Validation,

2.7 Instandhaltung/Modifikation, 2.8 Anforderungen an den Betrieb).

Die genehmigungsrelevanten Aspekte zu zwölf dieser Issues (bisher außer 1.7, 2.7, 2.8) hat die Task Force in einem Entwurf zu einem Konsensus-Bericht zusammengestellt, der später in der Endfassung einschlägige Genehmigungsverfahren unterstützen soll. Je nach Übereinstimmung der von den einzelnen Teilnehmerländern getragenen Stellungnahmen, enthält der Konsensbericht gemeinsame Positionen (von allen Teilnehmern akzeptiert), empfohlenen Praktiken (von der Mehrheit der Teilnehmer getragen) und ggf. alternative Stellungnahmen einzelner Teilnehmer (ohne mehrheitliche Zustimmung).

---

#### **IAEA Consultants' Meeting „Decommissioning of Nuclear Fuel Cycle Facilities“**

---

*Deutscher Vertreter: C. Krause*

Zweck des Meetings, das vom 17.–21. März 1997 in Wien stattfand, war die Erarbeitung eines Entwurfs für einen Safety Guide zum Thema „Decommissioning of Nuclear Fuel Cycle Facilities“. Diese Aufgabe konnte in einer konstruktiven und harmonischen Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Vertretern aus Deutschland, Frankreich und Großbritannien durchgeführt werden.

Zur Erleichterung der Bearbeitung war seitens der IAEA ein erster Rohentwurf durch den wissenschaftlichen Sekretär erstellt worden, der die Grundlage für die Diskussion bildete. Offensichtlich ist es auch bei der IAEA nicht unumstritten, einen speziellen Safety Guide für die Stilllegung und den Abbau von Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs anstelle einer einheitlichen Unterlage für alle kerntechnischen Einrichtungen zu erstellen. Tatsächlich bestehen zwischen den Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs und Reaktoren gravierende Unterschiede bei der Stilllegung und beim Abbau. Die radiologischen Probleme beim Abbau von Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs werden durch Kontaminationen dominiert, speziell durch Alphastrahler, die in dieser Form in Reaktoren (zumindest in

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Internationale Zusammenarbeit

Leichtwasserreaktoren) nicht auftreten. Im Gegensatz zu Reaktoren ist der Zweck von Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs die Durchführung chemischer Prozesse. Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs stellen sowohl hinsichtlich des Aufbaus als auch der eingesetzten Prozesse Einzelfälle dar und müssen bei der Stilllegung auch als solche betrachtet werden.

Zur Relevanz des Safety Guides wurde übereinstimmend festgestellt, daß es sich dabei um den kleinsten gemeinsamen Nenner handelt, der zudem die tatsächliche Vorgehensweise nur näherungsweise wiedergibt. Als Handlungsanweisung ist das Papier insbesondere für Staaten nützlich, in denen ungenügende oder keine gesetzlichen Rahmenbedingungen vorhanden sind. Aus diesem Grund wurden für den Safety Guide Strahlenschutzaspekte bei der Stilllegung und beim Abbau explizit herausgearbeitet.

#### **IAEA Consultants Meeting zur Erarbeitung des Dokuments „Review of Safety Performance of Operational Nuclear Power Plants“**

*Deutscher Vertreter: H. P. Berg*

Im Rahmen zweier Consultants Meetings (CM) (17.–21. März 1997 und 20.–24. September 1997) wurde das Dokument „Review of Safety Performance of Operational Nuclear Power Plants“ fertiggestellt.

Das Dokument war ursprünglich als Safety Guide geplant; aufgrund der neuen Klassifizierung von Dokumenten durch die IAEA und der grundsätzlichen Zustimmung durch NUSSAC wird es in der neuen Klasse „Safety reports“ veröffentlicht werden.

Das Dokument beschreibt die vier Elemente zur Überprüfung des Niveaus der betrieblichen Sicherheit des Kernkraftwerks durch den Betreiber selbst: Auswertung von Betriebserfahrungen, Auswertung von Ereignissen, Bewertung des gesamten Sicherheitsregimes sowie Auswertung von Erfahrungen anderer Kernkraftwerke.

Schwerpunkte der Arbeiten der beiden CM waren die Überarbeitung der insgesamt 7 Anhänge, insbesondere der Anhänge zu deterministischen und probabilistischen Bewertungsmethoden, die ergänzt bzw. vollständig überarbeitet wurden. Außerdem wurden die schriftlichen Anmerkungen der NUSSAC-Mitglieder diskutiert und berücksichtigt.

Da das Dokument in erster Linie eine Hilfestellung für die Betreiber sein soll, wurde von den Mitgliedern des CM angestrebt, die Vorgehensweise und die Beispiele möglichst prägnant zu formulieren.

#### **IAEA Consultants Meeting zur Fertigstellung des Dokuments „Safety Evaluation of Operating Nuclear Power Plants Built to Earlier Standards – A Common Basis for Judgement“**

*Deutscher Vertreter: H. P. Berg*

Das Consultant Meeting (CM) vom 10. Februar 1997 bis 14. Februar 1997 zur Fertigstellung des Berichts „Safety Evaluation of Operating Nuclear Power Plants Built to Earlier Standards – A Common Basis for Judgement“ war kurzfristig angesetzt worden, nachdem auf dem NUSSAC-Meeting im November 1996 die vorliegende Fassung des Berichts ausführlich diskutiert und zahlreiche Änderungswünsche geäußert wurden.

Aufgrund dieser Änderungswünsche und der auf Anforderung eingegangenen umfangreichen schriftlichen Stellungnahmen hat die IAEA das o. g. CM mit Teilnehmern aus Deutschland, Frankreich, Großbritannien sowie den USA einberufen.

Der Bericht selbst hat bereits eine lange Geschichte hinter sich; er wurde angeregt von der IAEA-Generalkonferenz im Jahr 1991 und sollte als Safety Guide insbesondere die Basis zur Bewertung von Reaktoren sowjetischer Bauart bilden bzw. den inzwischen als Safety Guide vorliegenden Leitfaden für periodische Sicherheitsüberprüfungen aus dem Jahr 1994 insbesondere hinsichtlich des Bewertungsteils ergänzen.

Ein wichtiges Ziel des CM war die Vereinheitlichung von Formulierungen, Verwendung klarer Definitionen, Vermeidung von Textdoppelungen und eine ausgewogenere Darstellung der Verwendung deterministischer und probabilistischer Methoden. Den Schwerpunkt bildete dabei die stringenter Beschreibung der Ansätze für ein deterministisches und ein probabilistisches Bewertungskonzept.

Das Dokument soll als Safety Report veröffentlicht werden.

#### **IAEA, Neue Internationale Konventionen zur Atomhaftung**

*BfS-Vertreter: M. Petri*

Im Februar 1990 wurde der Ständige Ausschuß der IAEA für Atomhaftungsfragen (Standing Committee on Liability for Nuclear Damage) durch den Gouverneursrat der IAEA eingesetzt und beauftragt, offene Fragen des internationalen Atomhaftungsrechts zu erörtern sowie eine Revision des Wiener Atomhaftungsübereinkommens (WÜ) vorzubereiten. Als Ergebnis seiner über siebenjährigen Tätigkeit wurden Entwürfe eines Änderungsprotokolls zum WÜ sowie eines Übereinkommens über ergänzende Entschädigungsleistungen (Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage – CSC) vorgelegt. Diese Abkommen ergänzen bzw. komplementieren die bereits vorhandenen internationalen Übereinkommen zur Atomhaftung.

Im Zusammenhang mit Haftungsfragen beim Betrieb von Kernanlagen wurde bereits früh erkannt, daß Unfälle in einer Kernanlage zu länderübergreifenden Konsequenzen führen können. Deshalb wurde schon frühzeitig die Erarbeitung internationaler Vereinbarungen zur Haftung bei Nuklearschäden in Angriff genommen. Unter der Schirmherrschaft der OEEC, der Vorläuferorganisation der OECD, wurde im Jahre 1960 das Pariser Übereinkommen (PÜ) ins Leben gerufen. Dieses wurde 1963 durch das Brüsseler Zusatzübereinkommen (BZÜ) ergänzt. Unter der Schirmherrschaft der IAEA wurde 1963 das WÜ erarbeitet.

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Internationale Zusammenarbeit

PÜ und WÜ beruhen auf folgenden Grundprinzipien: Für Schäden im Zusammenhang mit dem Betrieb einer Kernanlage ist ausschließlich der Genehmigungsinhaber verantwortlich (sogenannte rechtliche Kanalisierung), und zwar unabhängig von einem Verschulden. Weiterhin hat der Inhaber finanzielle Sicherheiten für einen möglichen Schadensfall bereitzustellen. Dabei darf eine im Übereinkommen festgelegte Mindesthaftungssumme nicht unterschritten werden (Deckungsvorsorge). Ansprüche können nur innerhalb eines begrenzten Zeitraums geltend gemacht werden (Regelausschlußfrist). Das BZÜ erweitert das PÜ, indem die Mindestdeckung des Genehmigungsinhabers durch den Anlagenstaat auf 175 Mio. Sonderziehungsrechte des Internationalen Währungsfonds (SZR) aufgestockt wird. 1 SZR entspricht mit Stand von August 1997 etwa 2,50 DM. Reicht die nationale Entschädigungssumme in Höhe von 175 Mio. SZR nicht aus, so werden durch alle BZÜ-Staaten nochmals 125 Mio. SZR gemeinsam bereitgestellt.

Durch den Reaktorunfall im Kernkraftwerk Tschernobyl im Jahre 1986 wurden Lücken im internationalen Atomhaftungsregime deutlich. Die Mindesthaftungssummen der Abkommen erwiesen sich als zu niedrig, und einige Schadensarten (z. B. Vorsorgemaßnahmen) wurden durch die Übereinkommen nicht abgedeckt. Weiterhin gehörten mehrere Staaten mit umfangreicher Kernenergienutzung keiner internationalen Haftungskonvention an. Zusätzlich existierten mit PÜ und WÜ zwei vollständig voneinander isolierte Haftungsregimes.

Als eine erste Maßnahme zur Erweiterung und Vereinheitlichung des internationalen Atomhaftungsrechts wurde das Gemeinsame Protokoll (GP) im Jahre 1988 verabschiedet. Das GP verbindet WÜ und PÜ miteinander, so daß PÜ-Staaten über das GP Schadensersatzansprüche bei WÜ-Staaten – und umgekehrt – geltend machen können. Dem Ständigen Ausschuß wurde die Aufgabe übertragen, weitere Verbesserungen des internationalen Atomhaftungsrechts vorzubereiten. Aufgrund teilweise sehr unterschiedlicher nationaler rechtlicher Ausgangssituationen und Interessenlagen der an den Verhand-

lungen teilnehmenden Staaten gestalteten sich die Verhandlungen langwieriger als ursprünglich erwartet.

Insgesamt wurden 17 förmliche Sitzungen abgehalten, wobei in den letzten drei Sitzungen insbesondere das Finanzierungssystem der CSC diskutiert wurde. Hierzu wurden vom BFS Analysen zu den finanziellen Auswirkungen unterschiedlicher, diskutierter Finanzierungsvarianten zur Unterstützung des BMU durchgeführt. Mitte 1997 war die Arbeit des Ständigen Ausschusses soweit fortgeschritten, daß eine Diplomatische Konferenz zur Annahme der Entwürfe des Änderungsprotokolls zum WÜ und der CSC einberufen werden konnte. Diese fand vom 8.–12. September unter der Schirmherrschaft der IAEA in Wien statt. Es nahmen Vertreter von über 80 Staaten teil, welche die Entwürfe – bei geringfügigen Änderungen – mit großer Mehrheit verabschiedeten. Das Änderungsprotokoll zum WÜ und die CSC sind seit dem 29. September 1997 bei der IAEA zur Zeichnung ausgelegt.

Das Änderungsprotokoll zum WÜ beinhaltet als wesentliche Elemente eine Erweiterung des Schadensbegriffes, eine deutliche Erhöhung der Mindesthaftungssumme für Kernanlagen sowie Änderungen der Gerichtsstandsregelungen bei Transportunfällen. Der erweiterte Schadensbegriff erlaubt, daß neben Personen- und Vermögensschäden auch Wiederherstellungsmaßnahmen für Umweltschäden sowie Aufwendungen für Vorsorgemaßnahmen erstattungsfähig werden. Die nationale Mindesthaftungssumme für Kernanlagen wird auf 300 Mio. SZR angehoben. Bei Transportunfällen innerhalb der ausschließlichen Wirtschaftszone eines Staates (von 200 Seemeilen Ausdehnung) liegt der Gerichtsstand im betroffenen Staat.

Ziel der CSC ist es, über die vom haftpflichtigen Inhaber einer Kernanlage und ggf. vom Anlagenstaat aufgebrauchten Entschädigungsmittel hinaus weitere Mittel durch die Vertragsstaaten der CSC bereitzustellen. Hierzu wird – vergleichbar zum BZÜ – im Schadensfall ein internationaler Fonds gebildet. Die Beitragssätze der einzelnen Vertragsstaaten zum CSC-Fonds sind – vorbehaltlich komplizierter Ausnah-

meregelungen – proportional zur thermischen Gesamtleistung der in den Staaten betriebenen Reaktoren (unter Ausschluß militärischer Anlagen). Damit wächst der Fonds mit zunehmender Staatenbeteiligung an. Bei weltweiter Staatenbeteiligung beläuft sich der internationale Fonds auf ca. 350 Mio. SZR. Im Gegensatz zum BZÜ-Fonds, dessen Mittel allen Opfern unabhängig von der Nationalität zur Verfügung stehen, sind grundsätzlich 50 % der CSC-Mittel für Schäden außerhalb des Anlagenstaates vorgesehen.

Hinsichtlich des notwendigen rechtlichen Rahmens für die Verteilung der Fonds-Mittel (gerichtliche Zuständigkeiten, Schadensdefinition, Höhe der nationalen Mindesthaftungssumme usw.) lehnt sich die CSC eng an die entsprechenden Bestimmungen im Änderungsprotokoll zum WÜ an. Die CSC ist jedoch als eigenständiges Instrument konzipiert, so daß auch Staaten, die nicht Mitglieder der sog. Basiskonventionen (PÜ und WÜ) sind, der CSC beitreten können.

Mit den beiden neuen internationalen Übereinkommen konnte der länderübergreifende Opferschutz bei Nuklearunfällen deutlich verbessert werden. Dennoch ist das Erreichte nicht durchweg befriedigend. Durch viele Sonderbestimmungen, die an sich für ein möglichst reibungsloses Zusammenspiel der Basiskonventionen (PÜ mit/ohne BZÜ, WÜ alt, WÜ neu, GP) mit der CSC sorgen sollen, wurde ein letztlich sehr komplexes, schwierig auszuführendes Vertragswerk geschaffen. Unbefriedigend ist auch, daß der CSC-Fonds die ursprünglich als Minimum anvisierte Höhe von 300 Mio. SZR nur bei weltweiter Staatenbeteiligung überschreiten wird. Treten bedeutende Nuklearstaaten der CSC nicht bei, so verringert sich der CSC-Fonds um deren Beiträge. Zusätzlich greifen bei niedriger Staatenbeteiligung komplizierte Sonderregelungen zur Begrenzung der Beiträge einzelner Staaten, die den CSC-Fonds nochmals deutlich reduzieren. Einige bedeutende Nuklearstaaten ließen bisher nur wenig Interesse an der CSC erkennen, und es bleibt abzuwarten, ob der CSC-Fonds eine angemessene Höhe erreichen wird.



## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Internationale Zusammenarbeit

#### **EU Task Force on Risk-Based In-Service Inspection der NRW**

Deutscher Vertreter: R. Görtz

Die Task Force erhielt ihr Mandat von der NRW (Nuclear Regulators Working Group). Das konstituierende Treffen fand am 14. November 1996 in Brüssel statt. Die Arbeitsgruppe soll einen Bericht über den Stand der Nutzung probabilistischer Methoden bei der Optimierung von Art und Umfang wiederkehrender Prüfungen in den EU-Ländern erstellen.

Im Berichtszeitraum wurde von der Task Force ein Fragebogen erstellt, der an die Mitgliedsländer versandt wurde. Antworten vorgelegt haben Belgien, Deutschland, Finnland, die Niederlande, Schweden, Schweiz, Spanien und das Vereinigte Königreich.

Ein geschlossener Entwurf des Berichts der Arbeitsgruppe wird nicht vor März 1998 vorliegen.

Obleich in allen Ländern die PSA in Fragen der kerntechnischen Sicherheit eine wichtige Rolle spielt, sind vollentwickelte Anwendungen in dem o. g. Bereich die Ausnahme. Es zeichnet sich jedoch ein starkes Interesse an einer Weiterentwicklung und verstärkten Nutzung dieses Anwendungsbereiches der PSA ab.

#### **OECD/NEA-Organisationskomitee für das CNRA Special Issues Meeting 1998: „Regulatory Aspects of Ageing Reactors“**

Deutscher Vertreter: R. Görtz

Im Juni 1998 wird ein Special Issue Meeting des CNRA zum Thema „Regulatory Aspects of Ageing Reactors“ durchgeführt. Der Berichterstatter wurde vom BMU als Mitglied des Organisationskomitees benannt.

Das Thema soll umfassend angegangen werden. Aspekte wie anzuwendende Bestimmungen, Integrität von Strukturen und Komponenten, Zuverlässigkeit von Systemen, Kompetenzerhaltung, Aufrechterhaltung der Sicherheitskultur sowie Kriterien für den Weiterbetrieb von Anlagen sollen einbezogen werden.

Die Thematik der Alterung hat international dadurch an Bedeutung gewonnen, daß der weitaus größere Teil der in Betrieb befindlichen Anlagen eine erhebliche Betriebszeit erreicht hat. Im Gegensatz zu Deutschland erteilen einige andere Länder zeitlich befristete Genehmigungen, z. B. beträgt diese Frist in den USA 40 Jahre. In diesen Ländern steht nun für zahlreiche Anlagen eine Verlängerung der Genehmigungen (License Renewal) an.

Der Begriff der Alterung kerntechnischer Anlagen wird heute gegenüber der traditionellen Auffassung, die sich auf physikalisch/chemische Alterungseffekte an Komponenten und Gebäudestrukturen beschränkte, weiter gefaßt und beinhaltet auch die sogenannte „technologische“ Alterung, die durch den Vergleich einer bestimmten eingesetzten Technik mit Weiter- und Neuentwicklungen festgestellt werden kann. Sinngemäß können auch erbrachte Nachweise „veralten“, wenn verbesserte Nachweisverfahren zu neuen Erkenntnissensführen.

Eine erste Sitzung fand am 18./19. September 1997 in Paris statt. Ein Fragebogen zu der Thematik wurde entworfen und an die Mitgliedsländer versandt.

Der Berichterstatter wird von den Fachgebieten KT 1.3, KT 2.1 und KT 2.3 unterstützt.

#### **OECD/NEA Special Issue Meeting der CNRA: „Review Procedures and Criteria for Regulatory Applications of PSA“**

BfS-Teilnehmer: R. Görtz

Das Special Issue Meeting 1997 der CNRA hatte „Review Procedures and Criteria for

Regulatory Applications of PSA“ zum Thema und fand am 17. Juni 1997 in Paris statt. Das Vorbereitungskomitee, dem der Berichterstatter angehörte, hat den Entwurf eines Berichts vorgelegt, der der CNRA in einer Reihe von Einzelvorträgen präsentiert wurde.

18 Mitgliedsländer haben den Fragebogen des Vorbereitungskomitees beantwortet. Es wird eine weitgehende bzw. steigende Anwendung der PSA bei der Designbewertung, der Optimierung technischer Spezifikationen beim Accident Management und bei der Ereignisbewertung gesehen. Insbesondere die PSA der Stufe 2 entwickle sich zu einem „Standard“. Die gutachterliche Bewertung vorgelegter PSA erfolgt überwiegend nicht nach Richtlinien, sondern auf der Grundlage von Erfahrungen. Die Diskussion erbrachte keine Hinweise auf die Dringlichkeit der Entwicklung von Begutachtungsrichtlinien.

Die Diskussion des CNRA läßt sich wie folgt zusammenfassen:

Es erscheint erforderlich, die Investition in die PSA noch besser zu nutzen. Hierzu kann insbesondere ein guter Dialog zwischen Antragsteller und Behörde beitragen.

Es bedarf einer Vertiefung der PSA-Kenntnisse sowohl auf Behördenseite als auch beim Betreiber.

Für die Validierung von PSA-Modellen und die Verifizierung von Annahmen sind größere Anstrengungen erforderlich.

Der Bestand anlagenspezifischer Daten ist zu erweitern.

#### **OECD/NEA – Arbeitsgruppe zur Sicherheit im Kernbrennstoffkreislauf**

BfS-Vertreter: K. Gelpke

Die OECD/NEA organisiert seit mehreren Jahren im Rahmen der Working Group on Fuel Cycle Safety einen internationalen Erfahrungsaustausch innerhalb von

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Internationale Zusammenarbeit

12 OECD-Staaten, die Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufes betreiben. Zum achtzehnten Treffen dieser Arbeitsgruppe war zum 27. Oktober 1997 nach Newby Bridge, Mittelengland, eingeladen worden. Es nahmen Mitglieder aus Belgien, Deutschland, Frankreich, Italien, Großbritannien, Japan, Kanada und Spanien teil. Auch die IAEA war vertreten.

Anlaß für die Wahl des Tagungsortes in England war das im Anschluß stattfindende Topical Meeting on the Safety of the Nuclear Fuel Cycle, dessen Schwerpunktthema die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen und abgebrannten Brennelementen war. Am nahegelegenen Standort Sellafield konnten verschiedene Konditionierungs- und Zwischenlagereinrichtungen besichtigt werden.

Schwerpunkt der Arbeiten der Working Group on Fuel Cycle Safety war die weitere Erprobung des 1993 angelaufenen Störfallmeldesystem FINAS (Fuel Incident Notification and Analysis System), welches auf der Basis von ausführlichen Berichten und Analysen den internationalen Erfahrungsaustausch über aufgetretene Störfälle mit sicherheitstechnischer Bedeutung im Bereich des Brennstoffkreislaufes vertiefen soll.

Bis Oktober 1997 wurden von den nationalen FINAS-Koordinatoren auf der Basis der von der OECD erarbeiteten Berichterstattungskriterien 87 Ereignisse aus den Teilnehmerstaaten an die Zentrale gemeldet.

Neben intensivem Informationsaustausch über nationale Entwicklungen im Kernbrennstoffkreislauf wurden als zukünftige Beratungsschwerpunkte die folgenden Themen festgelegt:

- Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen
- Nutzung von waffengrädigem Plutonium und Uran in der Kernenergiewirtschaft.

---

### **OECD Expertenkommission – Lagerung und Verwendung von abgereichertem Uran**

---

*BfS-Vertreter: K. Gelpke*

Auf Betreiben des amerikanischen DOE wurde von der OECD – NEA eine Expertenkommission zum Thema: *Lagerung und Verwendung von abgereichertem Uran* nach Paris eingeladen. Vertreten waren die Länder Deutschland, England, Frankreich und die Vereinigten Staaten von Amerika. Es sollte geprüft werden, ob ein gemeinsames Verständnis zur Einleitung eines NEA-Programms zu dieser Themengruppe (Langzeitlagerung, Behälterwartung, Verwendungsmöglichkeiten für abgereichertes Uran, Endlagermöglichkeiten) erreicht werden konnte.

Die Darlegung der US-Situation zeigte, daß in Amerika erhebliche Mengen von abgereichertem Uran in Form von UF<sub>6</sub> unter teilweise ungünstigen Bedingungen gelagert sind. Erhebliche Wartungs- und Konversionsmaßnahmen stehen an, ausreichende Gelder stehen dafür nicht zur Verfügung. Es wird nach wirtschaftlich tragbaren Verwendungsmöglichkeiten für abgereichertes Uran gesucht, die Konversionskosten sollten möglichst von dem Weiterverarbeiter getragen werden.

Die in Frankreich gelagerten Tails werden in einer Konversionsanlage bei Pierrelatte zu Uranoxid konvertiert. Die Anlage ist von der Kapazität so ausgelegt, daß innerhalb der nächsten 10 Jahre das gelagerte UF<sub>6</sub> abgearbeitet ist. Danach sollen auch Konversionsarbeiten für andere Länder ausgeführt werden. Das Material wird als Wertstoff bis zu einer möglichen Weiterverwendung in einer oberirdischen Erzmine gelagert.

Der Vertreter der URENCO aus Großbritannien informierte über die aus seiner Sicht problemlose Lagerung von UF<sub>6</sub> an den Standorten der URENCO in Capenhurst-GB, Almelo-N und Gronau-D. Die Frage, ob das als Wertstoff angesehene Material im Fall einer vorgesehenen Langzeitlagerung zu Oxid konvertiert werden soll, ist von den jeweiligen Eigentümern zu entscheiden und zu bezahlen. An den drei

Standorten werden z. Zt. ca 40.000 Tonnen UF<sub>6</sub> gelagert, davon entfallen 5.000 Tonnen auf den deutschen Standort in Gronau. Dessen Lagerkapazität ist nur zu etwa 20 % belegt.

Für die USA besteht aufgrund der großen Materialmengen und des Behälterzustandes akuter Handlungsbedarf. Die Lagermengen in Frankreich betragen nur etwa ein Drittel von denen der USA, in den übrigen westeuropäischen Ländern lagern noch erheblich geringere Mengen.

Aufgrund von unterschiedlichen Ausgangsbedingungen und Auffassungen über eine mögliche Verwendung der Uran-Tails konnte von den Teilnehmern zur Zeit keine gemeinsame Basis für internationale Aktionen gefunden werden. Einigkeit bestand darüber, daß auch Rußland in eventuelle weitere Gespräche zu diesem Thema einbezogen werden muß.

---

### **Beratung der IAEA zur Ausarbeitung nuklearer Sicherheitsstandards (Nuclear Safety Standards Advisory Committee – NUSSAC)**

---

*BfS-Vertreter: F. W. Krüger*

Im Jahre 1997 wurden die Arbeiten zur systematischen Ergänzung, Vereinheitlichung und Revision des kerntechnischen Regelwerks der IAEA unter Kontrolle des NUSSAC fortgesetzt. Die Teilnahme an der Arbeit des NUSSAC erfolgte wie in den vergangenen Jahren im Auftrag und zur unmittelbaren Unterstützung des zuständigen Fachreferats im BMU.

Nach längerer Diskussion bestehen bei der IAEA jetzt klare Vorstellungen über die Ziele der Arbeit an nuklearen Sicherheitsstandards (Unterstützung der Mitgliedsstaaten in ihrem Streben um hohe Sicherheit, Harmonisierung der Sicherheitsanforderungen und -maßnahmen). Die Struktur der IAEA-Division on Nuclear Safety of Nuclear Installations (NSNI) wurde den Aufgaben angepaßt. Dementsprechend besteht eine verlässliche Übersicht über den Stand und die weitere Bearbeitung der Dokumente in der Safety

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Internationale Zusammenarbeit

Standards Series sowie anderer Publikationen, die sich mit Problemen der kerntechnischen Sicherheit befassen. Schließlich gibt es ein einheitliches Verfahren für die Vorbereitung und Prüfung von Publikationen in der Safety Standards Series, das zu Qualität und Harmonisierung beitragen wird. Die IAEA hat ein Kontrollsystem aufgebaut, in dem international erfahrene Fachleute Prüfungen vornehmen und Vorschläge für Verbesserungen machen. Davon ausgehend, wird eine längerfristige Planung möglich.

Die 3. Sitzung (vom 7. April 1997 bis 9. April 1997) und die 4. Sitzung (vom 6. Oktober 1997 bis 8. Oktober 1997) des NUSSAC beschäftigten sich mit den weiteren Arbeiten für die Ergänzung und Revision der IAEA-Safety Standards. Schwerpunkte der Diskussionen waren die Standards für den Betrieb von Kernkraftwerken, für die Auslegung von Kernkraftwerken sowie für die regulatorischen Tätigkeiten bei Genehmigung und Aufsicht. Auf den Sitzungen wurden umfassende Übersichten über den Stand der Arbeiten und die weitere Planung gegeben. In zunehmendem Maße stehen dafür verlässliche Unterlagen zur Verfügung. Es sind weitere Fortschritte zu einer systematischen Arbeit erkennbar, die zu einem konsistenten Regelwerk in den Sachgebieten kerntechnische Sicherheit, Strahlenschutz sowie Sicherheit bei der Abfallbehandlung und dem Transport radioaktiver Stoffe führen wird. Im Programm der IAEA für die Jahre 1998 bis 2000 ist eine ausreichende Finanzierung für die Revision des Regelwerks gesichert.

Im NUSS-Programm (einschließlich des Bereichs Genehmigung und Aufsicht) werden z. Zt. 24 Dokumente überarbeitet. Das betrifft 4 Dokumente mit Grundforderungen (Requirements):

Operation of Nuclear Power Plants, Legal and Governmental Infrastructure for Safety, Design of Nuclear Power Plants, Design and Operation of Research Reactors sowie 20 nachgeordnete Richtlinien (Guides), u. a. zu folgenden Sachgebieten

- a) für die Projektierung von KKW:
  - Design Verification and Safety Assessment

- Instrumentation and Control Systems Important to Safety
- Computer Based Systems Important to Safety

b) für den Betrieb von KKW:

- Operational Limits, Conditions and Procedures
- Radiation Protection and Radioactive Waste Management
- Operating Organization
- Fire Safety in the Operation
- Modifications
- Maintenance, Testing, Surveillance and Inspection
- System for Reporting Unusual Events

c) für staatliche Genehmigung und Aufsicht:

- Organization and Staffing of a Regulatory Body
- Conduct of Regulatory Review and Assessment.

Für Unfallvorsorge und Unfallbekämpfung gibt es gegenwärtig eine Vielzahl von Unterlagen im Schrift- und Regelwerk der IAEA. Dabei handelt es sich sowohl um Richtlinien als auch um Beschreibungen oder technische Reports. Es besteht nun die Absicht, die vorliegenden Erfahrungen in einem Standard (als „Requirements for Nuclear and Radiation Emergency Response“) zusammenzufassen.

In der IAEA wird mit Unterstützung internationaler Experten ein Handbuch zur Kommunikation mit der Öffentlichkeit über nukleare Sicherheit und Strahlensicherheit ausgearbeitet. Diese Unterlage soll die Behörden bei der Information der Öffentlichkeit unterstützen. Das Handbuch soll dazu beitragen, daß offizielle Informationen rechtzeitig, vollständig, zuverlässig, unabhängig und ungeschönt in die Öffentlichkeit gelangen und eine sachbezogene Kommunikation erfolgt. In einer ersten Fassung soll das Handbuch im Februar 1998 zur Verfügung stehen.

Drei Dokumente des Regelwerks wurden im Jahre 1997 soweit fertiggestellt, daß sie

den Mitgliedsländern der IAEA zur Stellungnahme übermittelt werden konnten. Dabei handelte es sich um:

Requirements „The Safety of Nuclear Power Plants: Operation“, „The Safety of Nuclear Power Plants: Plant Operations: Operational Limits, Conditions and Procedures (Draft Safety Guide)“, Requirements „Legal and Governmental Infrastructure for Nuclear, Radiation, Radioactive Waste and Transport Safety“.

Um allen Interessenten die Möglichkeit zur Stellungnahme zu geben, wurden diese Regelungsvorhaben im Bundesanzeiger bekanntgemacht. Deutsche Stellungnahmen erfolgten bzw. erfolgen in Übereinstimmung mit den eingehenden Hinweisen.

### **IAEA Technical Co-Operation in Slovakia : Expertenmission in der Aufsichtsbehörde der Slowakischen Republik zu Problemen der Stilllegung kerntechnischer Anlagen**

*BfS-Vertreter: E. Spoden*

Vom 17. März 1997 bis 21. März 1997 wurde in Trnava (bei Bratislava, Slowakische Republik) eine zweite IAEA-Expertenmission zum Thema „Unterstützung der slowakischen Aufsichtsbehörde bei der Schaffung eines Leitdokuments für die Stilllegung kerntechnischer Anlagen“ durchgeführt. Die Reise zur slowakischen Aufsichtsbehörde wurde als Nachfolge einer Reise im November 1995 zum selben Zweck durchgeführt (s. Jahresbericht 1996 des BfS, S. 212).

Entsprechend der durch die IAEA formulierten Aufgabe wurden mit der slowakischen Aufsichtsbehörde zu folgenden Problemen Gespräche geführt:

- gesetzliche Grundlagen für die Stilllegung von Kernkraftwerken,
- Form und Inhalt von Dokumenten für die Stilllegung,
- ursprüngliche Planung von Stilllegungen,

## Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

### Internationale Zusammenarbeit

- Durchführung der Planungen,
- endgültige Fassung von Stilllegungsplänen.

An den Diskussionen waren seitens der slovakischen Aufsichtsbehörde 4 Personen beteiligt. Während des Aufenthaltes bei der slovakischen Aufsichtsbehörde wurden Teile des bisher vorliegenden slovakischen Stilllegungsleitfadens diskutiert und Vorschläge zu textlichen Änderungen besprochen. Auf Wunsch der slovakischen Aufsichtsbehörde wurde vor allem zu folgenden Punkten diskutiert:

- Position des Stilllegungsleitfadens im System der Gesetzgebung,
- Stilllegungsstrategien (direkter Abbau oder Sicherer Einschluß),

- Inhalt und Gliederung des Sicherheitsberichtes im Rahmen der Stilllegung,
- Rolle der Dokumentation der Anlage und der ausgeübten Tätigkeiten im Rahmen der Stilllegung,
- Möglichkeiten zur Qualitätssicherung bei der Stilllegung einschließlich der Errichtung und Nutzung von Datenbanken für Stilllegungsprojekte und
- Rolle der finanziellen Sicherstellung der Stilllegungstätigkeiten.

Folgende Probleme wurden im Rahmen der Stilllegung von der slovakischen Behörde hervorgehoben:

- finanzielle Sicherung der Stilllegungstätigkeiten,

- Entfernung verbrauchten Kernbrennstoffs aus stillzulegenden Anlagen (Lagerprobleme),

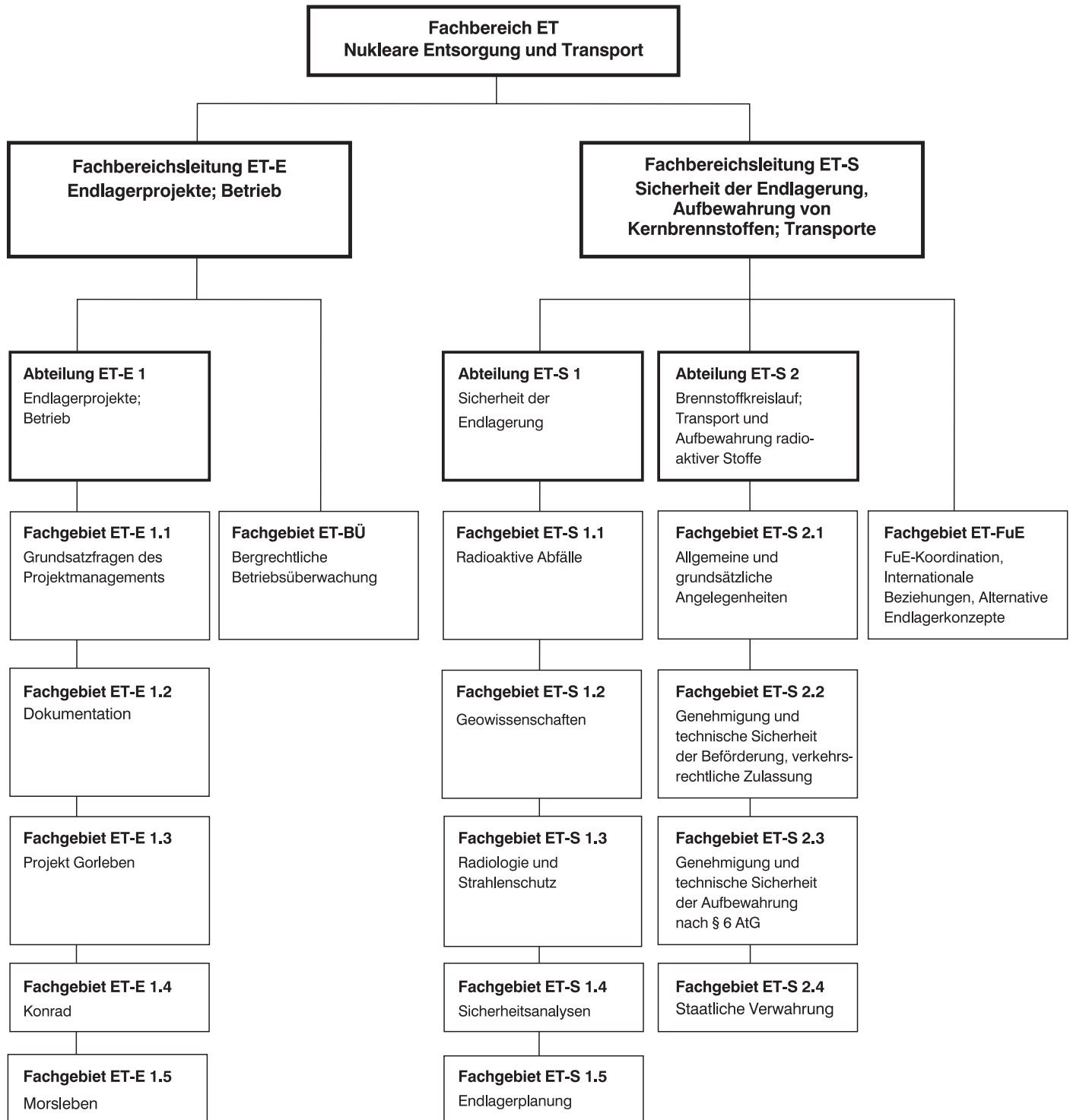
- derzeit fehlende Möglichkeiten zur Standortfestlegung von Endlagern für hochradioaktive Abfälle,

- die Periode des Sicherer Einschusses soll nach Ansicht der slovakischen Behörde etwa 30 Jahre betragen, die Betreiber sehen aus finanziellen Gründen 70 und mehr Jahre vor.

Die slovakische Aufsichtsbehörde stellte am Ende der Beratungen fest, daß die Diskussionen für die weitere Arbeit am slovakischen Leitfaden sehr nützlich waren.

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport



Vakatseite

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Bericht des Fachbereichs

Der Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport (ET) mit den Fachbereichsleitungen ET-E „Endlagerprojekte; Betrieb“ und ET-S „Sicherheit der Endlagerung, Aufbewahrung von Kernbrennstoffen; Transporte“ hat nach den Festlegungen des Atomgesetzes folgende Aufgaben wahrzunehmen:

- Errichtung und Betrieb von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle,
- Genehmigung der Beförderung von Kernbrennstoffen und Großquellen,
- Genehmigung der Aufbewahrung von Kernbrennstoffen außerhalb der staatlichen Verwahrung und
- staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen.

Diese Aufgabenschwerpunkte werden von den drei Abteilungen „Endlagerprojekte, Betrieb“, „Sicherheit der Endlager“ und „Brennstoffkreislauf; Transport und Aufbewahrung radioaktiver Stoffe“ bearbeitet.

### **Abteilung ET-E 1 Endlagerprojekte, Betrieb**

Diese Abteilung mit den Fachgebieten „Grundsatzfragen des Projektmanagements“, „Dokumentation“, „Projekt Gorleben“, „Konrad“, „Morsleben“ und „Bergrechtliche Betriebsüberwachung“ steuert und kontrolliert die Arbeiten für die Endlagerprojekte Gorleben, Konrad und Morsleben und die Betriebe. Bei den Projekten handelt es sich um komplexe Vorhaben mit interdisziplinären Anforderungen. Daher ist eine große Anzahl von internen und externen Mitarbeitern involviert. Die zur Realisierung der Endlagerprojekte erforderlichen und miteinander verknüpften Arbeiten erfordern den Einsatz von modernen Managementmethoden und -instrumentarien sowie deren Pflege und Optimierung. Die Schwerpunkte der Abteilungsaufgaben sind:

- Koordinierung der endlagerbezogenen Facharbeit; Einspeisung der erzielten Arbeitsergebnisse in die Genehmigungsverfahren.

- Übertragung der Arbeiten zur Umsetzung der Endlagerkonzepte an die Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE); Koordination der technischen Abläufe.
- Projektorganisation und Projektkostenrechnung; Fortschreibung und Aktualisierung der Finanzplanung.
- Projektdokumentation nach einem dafür entwickelten Dokumentationssystem; Archivierung von planfeststellungsrelevanten und sonstigen genehmigungsrelevanten Unterlagen.
- Bergrechtliche Überwachung der Betriebe.

Schwerpunkte der Arbeiten in ET-E 1 lagen bei der Koordination der weiteren Erhöhung der Anlieferungsmenge im Endlager für radioaktive Abfälle in Morsleben (ERAM), der Koordination und Steuerung der Projektarbeiten zur Vorbereitung der Stilllegung des ERAM, der Weiterführung des Planfeststellungsverfahrens Konrad sowie der Koordination des Schachtabteufens der Schächte Gorleben und der untertägigen Erkundung.

### **Abteilung ET-S 1 Sicherheit der Endlagerung**

Schwerpunkt der Aufgaben dieser Abteilung ist die Erarbeitung von Sicherheitsnachweisen für Endlager. Sie betreffen sowohl die Betriebs- als auch die Nachbetriebsphase der Anlagen. Richtschnur der Arbeiten sind die vom Bundesministerium des Innern im Jahre 1983 festgelegten „Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk“. Seit dem 1. April 1997 ist auch die Anlagenplanung bis zur Stufe der Entwurfsplanung Bestandteil der Abteilungsaufgaben.

In der Regel werden Einzelarbeiten an Dritte vergeben. Eigene Arbeiten werden zur Optimierung der Anlagenauslegung, des Anlagenbetriebs, zur sicherheitstechnischen Beurteilung und zur Kontrolle der Arbeiten Dritter durchgeführt.

Im Jahre 1997 ergaben sich mehrere Aufgabenschwerpunkte. Sie betrafen die mit der Einlagerung radioaktiver Abfälle in das ERAM in Zusammenhang stehenden Arbeiten zur Produktkontrolle der Abfälle. Ferner wurden weiterführende Arbeiten zum Verfüllen und Verschließen sowie zur Standorterkundung dieses Endlagers durchgeführt. Zum Projekt Konrad erfolgte eine Neubewertung einer möglichen Verschmutzung des Grundwassers durch bestimmte nichtradioaktive Stoffe. Im Projekt Gorleben wurde die Erkundung auf Gebieten östlich der Elbe mit den im 2. Bohrloch enthaltenen Feldarbeiten fortgesetzt. Der Übergangsbereich zwischen den Salzstöcken Gorleben und Rambow wurde mit fünf strukturgeologischen Bohrungen erkundet. Fortgesetzt wurde auch die untertägige Erkundung des Salzstocks. Erfolgreich erkundet wurde die Streckenführung für den Querschlag 1 Ost durch eine Lücke im zentralen Hauptanhydritstrang. Mit drei Erkundungsbohrungen wurden günstige Lagerungsverhältnisse in der Kernzone des Salzstocks aufgeschlossen.

### **Abteilung ET-S 2 Brennstoffkreislauf; Transport und Aufbewahrung radioaktiver Stoffe**

Die Schwerpunkte der Aufgaben dieser Abteilung stehen in engem Zusammenhang mit der Ver- und Entsorgung der deutschen Kernkraftwerke. Die Vollzugsaufgaben im Rahmen des Atomgesetzes, der Strahlenschutzverordnung und der verkehrsrechtlichen Vorschriften lassen sich im wesentlichen in folgende Einzelaufgaben gliedern:

- Genehmigungen für die Beförderung von Kernbrennstoffen und Großquellen.
- Genehmigungen für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen.
- Staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen.
- Zulassungen von Versandstücken für die Beförderung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Bericht des Fachbereichs

Im Rahmen der genannten Vollzugsaufgaben sind insbesondere folgende Gutachten und Berechnungen erforderlich:

- Vergabe, Begleitung und Auswertung von wissenschaftlich-technischen Gutachten und deren Umsetzung in Entscheidungen.
- Abschirmberechnungen für Neutronen und Gammastrahlung sowie Kritikalitätsberechnungen mit komplexen Programmsystemen.

Darüber hinaus erfolgt in der Abteilung die rechtliche Betreuung der laufenden Genehmigungsverfahren und der staatlichen Verwahrung einschließlich Bearbeitung von Widerspruchs- und Gerichtsverfahren.

### Arbeitsschwerpunkte des Fachbereichs ET

#### Projekt Gorleben

Die bisherige Konzeptplanung für das Projekt Gorleben ging von der Notwendigkeit aus, das Endlager im gesamten Salzstock zu errichten und zu betreiben. Entsprechend war die zeitlich parallele Erkundung der nordöstlich und südwestlich der Schächte gelegenen Teile des Salzstocks vorgesehen. Eine in 1996 begonnene Überprüfung der Randbedingungen mit dem Ziel einer Aktualisierung dieses Konzepts führte zu der Festlegung, aus Kosten- und Zweckmäßigkeitsgründen gestuft vorzugehen und die untertägige Erkundung vorerst auf den nordöstlichen Bereich des Salzstocks zu beschränken. Ziel dieser Vorgehensweise ist es zu untersuchen, ob nicht bereits dabei ausreichend große und zusammenhängende, homogene Steinsalzpartien identifiziert werden können, die für die Aufnahme sämtlicher, für die Endlagerung vorgesehenen radioaktiven Abfälle geeignet sind. Die Erkundung des südwestlichen Teils des Salzstocks ist als 2. Stufe für den Fall vorgesehen, daß die Erkundungsergebnisse diese Einschätzung nicht bestätigen. Die aus dieser Vorgehensweise resultierenden Änderungen für die untertägige Erkundung wurden in der Struktur- und

Ablaufplanung sowie den betrieblichen Planungen umgesetzt.

Die Bohrarbeiten und der Ausbau der Grundwassermeßstellen des 2. Abschnitts der übertägigen Erkundung im Raum Dömitz-Lenzen wurden planmäßig abgeschlossen. Damit ist dieses Erkundungsprogramm bis auf den für 1998 geplanten Großpumpversuch zur Gewinnung von hydraulischen Kenndaten für dieses Aquifersystem abgeschlossen.

#### Bergmännische Arbeiten

Nachdem bereits im November 1996 der in Stahlbeton ausgeführte Schachtkeller des Schachtes 1 unterhalb der 840-m-Sohle fertiggestellt war, wurden die Teufarbeiten im Schacht 1 wieder aufgenommen. Dabei wurde bei einer Teufe von 857 m die Gorlebenbank angetroffen. Die Gorlebenbank stellt einen charakteristischen Leithorizont im jüngeren Steinsalz dar, in dessen Begleitung vereinzelt Gas und Lauge angetroffen wird. Zur Sicherung des Schachtstoßes im Bereich der Gorlebenbank wurde in dem Schachtabschnitt von 855 m bis 864 m Teufe eine Stahlbetonsäule eingebaut. Nach Erreichen des Niveaus der 880-m-Sohle wurde ein Füllort ausgesetzt und die Bandstrecke bis auf eine Länge von 120 m vorangetrieben. Im Bereich der geplanten Beschikungseinrichtungen unterhalb der 880-m-Sohle wurde abermals die Gorlebenbank angefahren. Dies machte eine Versiegelung dieses Bereichs mit einer Betonschale erforderlich. Anschließend wurden die Teufarbeiten bis zur Endteufe von 933 m fortgesetzt. Der letzte Kübel mit Teufhaufwerk wurde am 10. November 1997 zutage gefördert. Damit gehen rund 13 Jahre Abteufen Schacht 1 zu Ende.

Der Schacht 2 wurde bereits in 1995 bis 843 m abgeteuft. Über die Abteufanlage Schacht 2 wird das gesamte Haufwerk, das bis zur Inbetriebnahme der Schachtförderanlage Schacht 1 bei der Erstellung der untertägigen Hohlräume des Erkundungsbereiches 1 anfällt, nach über Tage transportiert. Mit der Abteufanlage werden zusätzlich Seilfahrten und Materialtransporte durchgeführt.

Parallel zu den Arbeiten im Schacht 1 wurden zwischen den Schächten auf der Erkundungssohle, der 840-m-Sohle, weitere Strecken und Grubenräume des Infrastrukturbereiches aufgeföhren. Fertiggestellt sind u. a. die Hauptförderstrecke, der Traforaum am Schacht 1 und die Arbeitsräume. Von der Hauptförderstrecke aus wurde ein Teil des Querschlages 1 Ost und der Wetterberg zur Abwettersohle auf 820 m aufgeföhren. Zur Zeit konzentrieren sich die Aufföhren auf die Lager- und Werkstatt Räume auf der 840-m-Sohle und auf die Abwetterstrecke auf der 820-m-Sohle. Zur Verbindung der 880-m-Sohle und der 840-m-Sohle sowie der 840-m-Sohle mit der 820-m-Sohle wurden mehrere Großlochbohrungen gestoßen. Sie dienen der Wetterföhren, dem Haufwerkstransport und der Föhren.

Zur weiteren Erkundung des Salzstockes im Erkundungsbereich 1 wurden die Bohrarbeiten fortgesetzt. Dabei wurden erstmals Bohrungen von bis zu 600 m Länge gestoßen. Diese Bohrungen dienen weiterhin zur Festlegung der weiteren Streckenföhren der Querschläge im Erkundungsbereich 1 in Richtung Norden. Sie hatten zum Ergebnis, daß im Erkundungsbereich 1 etwa 500 m zusammenhängendes älteres Steinsalz angetroffen wurde. Dieser Befund ist als sehr positiv im Hinblick auf die Bewertung der Eignungshöhfigkeit zu sehen.

Auf der 840-m-Sohle wurde die Erkundungslotation 2 eingerichtet, die Erkundungslotation 1 steht vor der Fertigstellung. Beide Erkundungslotationen dienen zur Gewinnung geotechnischer Daten aus dem angrenzenden Gebirge. Im Rahmen des geotechnischen Untersuchungsprogramms wurden weiterhin Probenahmebohrungen zur Gewinnung von Prüfkörpern aus repräsentativen stratigraphischen Abschnitten durchgeführt.

#### Projekt Konrad

Im Jahr 1997 haben die Anstrengungen der Planfeststellungsbehörde, des Niedersächsischen Umweltministeriums (NMU), deutlich zugenommen, um zu einem Abschluß des vor 15 Jahren begonnenen



# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Bericht des Fachbereichs

Planfeststellungsverfahrens Konrad zu kommen.

Aktueller Stand zum Ende des Jahres 1997 sind 120 Genehmigungsunterlagen – davon 27 den Plan Konrad ergänzende und 93 den Plan Konrad erläuternde Unterlagen – die die Grundlage darstellen für den nun abschließend zu erstellenden Planfeststellungsbeschuß.

Auf der Grundlage dieser Unterlagen ist insbesondere nochmals das Gutachten des TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt überarbeitet und im Juli 1997 vorgelegt worden.

Zu den der Genehmigungsbehörde vorgelegten Unterlagen fanden seit Beginn des Jahres eine Reihe von Gesprächen mit dem NMU sowie dessen Gutachtern und den im Planfeststellungsverfahren beteiligten Behörden statt. So wurden beispielsweise nochmals detaillierte Abstimmungsgespräche zu den für die Beurteilung des Naturschutzes relevanten landschaftspflegerischen Fachbeiträgen durchgeführt.

Intensive Abstimmungsgespräche erfolgten auch im Hinblick auf die zu erteilende Baugenehmigung, die im Planfeststellungsbeschuß konzentriert wird. Das Niedersächsische Umweltministerium sah sich aufgrund der Haltung der Stadt Salzgitter gezwungen, einen geeigneten Sachverständigen zur bauordnungsrechtlichen Prüfung des Vorhabens heranzuziehen.

Das deutliche Bestreben der Genehmigungsbehörde im Hinblick auf den Abschluß des Planfeststellungsverfahrens führte seit etwa Mitte 1997 dazu, daß dem BfS gemäß § 28 VwVfG Gelegenheit gegeben wurde, sich zu den im Planfeststellungsbeschuß zu erwartenden Nebenbestimmungen zu äußern. Diese betreffen neben dem Atomrecht z. B. das Bergrecht, das Straßenrecht, das Baurecht, das Naturschutzrecht und das Wasserrecht.

Zu allen Nebenbestimmungen hat das BfS termingerecht seine Stellungnahmen dem NMU vorgelegt und bei der Bearbeitung keine den Planfeststellungsbeschuß verhandelnden Aspekte erkannt.

Der vom NMU angekündigten Ablehnung des Planfeststellungsantrages wegen mangelnder Planrechtfertigung ist das

BMU im September 1997 mit einer bundesaufsichtlichen Weisung entgegengetreten.

Auf Grund der intensiven Fortführung des Verfahrens hat das NMU einen weiteren Entwurf eines Planfeststellungsbeschlusses am 17. Dezember 1997 dem Bundesumweltministerium vorgelegt. Mit dem Erlaß des Planfeststellungsbeschlusses rechnet das BfS daher Anfang 1998.

Unabhängig vom Verlauf des Genehmigungsverfahrens wurden die erforderlichen Planungsarbeiten mit dem Ziel der Errichtung und des Betriebs des Endlagers Konrad zügig fortgesetzt. Die Errichtungsphase soll vier Jahre dauern.

Die Planungsarbeiten sind soweit fortgeschritten, daß mit der Umrüstung der Schachanlage Konrad zum Endlager zeitnah zum Vorliegen eines Planfeststellungsbeschlusses begonnen werden könnte; ein Antrag auf Sofortvollzug ist im Oktober 1994 gestellt worden.

Um diesen Vorhabensstand zu erreichen, wurden während der bisherigen Projektlaufzeit Planungsaufträge für 24 Komponenten mit einem Auftragswert von insgesamt ca. 300 Mio. DM vergeben.

Änderungen gegenüber dem Vorjahresstand sind wegen des erneut verzögerten Umrüstbeginns nicht eingetreten. Auch aus Gründen der Investitionssicherheit wurden in Abstimmung mit dem BMU keine weiteren Aufträge vergeben.

Darüber hinaus wurden auch im Jahr 1997 auf der Schachanlage Konrad im Rahmen von Betriebsplanzulassungen Arbeiten über und unter Tage ausgeführt, die der Offenhaltung der Grube dienen und im Arbeitsprogramm Konrad zur Aufrechterhaltung der Grubensicherheit festgelegt sind.

### Projekt Morsleben

Schwerpunkte der Arbeiten für das Projekt Morsleben im Jahre 1997 waren:

- Arbeiten zur Sicherung und Optimierung des Einlagerungsbetriebs,
- Arbeiten für das Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM nach Beendigung des Einlagerungsbetriebs.

### Arbeiten zur Sicherung und Optimierung des Einlagerungsbetriebs

Das ERAM wird auf der Basis der bestehenden Dauerbetriebsgenehmigung vom 22. April 1986 zur Endlagerung von niedrig- und mittelradioaktiven Abfällen mit überwiegend kurzlebigen Radionukliden betrieben. Bis Anfang 1991 sind ca. 14.500 m<sup>3</sup> radioaktive Abfälle mit einer Gesamtaktivität von ca. 1,7E+14 Bq aus der ehemaligen DDR bzw. den neuen Bundesländern im ERAM endgelagert worden. Seit dem 13. Januar 1994 – dem Zeitpunkt der Wiederinbetriebnahme nach zwischenzeitlichen Prüfungen – sind bis zum 31. Dezember 1997 17.243 m<sup>3</sup> eingelagert worden. Diese weisen eine Gesamt-Alpha-Aktivität von 6,0E+10 Bq und eine Gesamt-Beta/Gamma-Aktivität von 5,8E+13 Bq auf. Das durchschnittliche monatliche Einlagerungsvolumen betrug im Jahr 1997 507 m<sup>3</sup>.

Zirka 90 % des eingelagerten Volumens wurden in Stapeltechnik im Westfeld des ERAM endgelagert. Es wurden ausschließlich feste, zumeist verpreßte Mischabfälle der Strahlenschutzgruppen S1 und S2 gestapelt. Etwa 10 % des Abfallvolumens wurde im Südfeld verstürzt. Es handelte sich hierbei um in Fässern verpackte feste Abfälle sowie um Strahlenquellen.

Die Strahlenexposition des Endlagerpersonals war sehr gering. Ein radiologischer Einfluß aus der Endlagerung ist in der Umgebung so gering, daß er nach wie vor meßtechnisch nicht nachweisbar ist.

Für die im ERAM lagernden radioaktiven Stoffe – sieben Spezialcontainer mit Kobalt-60-Quellen, Cäsium-137-Quellen und Europiumstäben sowie ein Faß mit Radium-Abfällen – sieht das BfS die weitere Zwischenlagerung der Stoffe vor. 26 Neutronenquellen wurden nach Erteilung der entsprechenden Genehmigungen und Betriebsplanzulassungen ausgelagert.

Am 22. Oktober 1997 hat die Einlagerung radioaktiver Abfälle in Stapeltechnik im Ostfeld, Abbau 2, begonnen. Die Fertigstellung von zwei weiteren Einlagerungshohlräumen wird für Februar 1998 erwartet. Das Ostfeld wird bis zum Ende des genehmigten Betriebszeitraumes genutzt werden.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Bericht des Fachbereichs

### *Arbeiten für das Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM nach Beendigung des Einlagerungsbetriebs*

Das BfS hat mit Schreiben vom 9. Mai 1997 den am 13. Oktober 1992 gestellten Antrag auf Weiterbetrieb des ERAM auf dessen Stilllegung beschränkt. Bis zum Ende des Einlagerungsbetriebes werden im ERAM voraussichtlich etwa 55.000 m<sup>3</sup> radioaktive Abfälle mit einer Gesamtkonzentration in der Größenordnung von E+16 Bq eingelagert sein.

Das ERAM wird nach einem Stilllegungskonzept verfüllt und verschlossen, welches die Einhaltung der Schutzziele gemäß Atomgesetz sicherstellt. Das Konzept sieht stabilisierende und abdichtende Maßnahmen vor.

Für die langfristige Aufrechterhaltung der bergtechnischen Sicherheit werden stabilisierende Maßnahmen vorgesehen, die Einbrüche und Schäden an der Erdoberfläche dauerhaft verhindern. Das Grubengebäude und damit die natürliche Salzbarriere bleiben auch langfristig erhalten.

Zur Abdichtung werden Barrieren eingesetzt, die für große Zeiträume verhindern, daß Lösungen von außen zu den Abfällen gelangen. Damit wird die Freisetzung von Radionukliden behindert.

Dazu werden in den Zugangsstrecken zu den Einlagerungsbereichen Abdichtbauwerke aus einem hochwertigen Mineralgemisch aus Kies, Sand, Salz und Ton oder Querschnittsabdichtungen unter Verwendung von Bentonit errichtet.

Eine äußere Barriere verhindert, daß überhaupt Lösungen in das verfüllte Grubengebäude Bartensleben eindringen können. Dazu werden zunächst die direkten Verbindungen zwischen den Grubengebäuden Marie und Bartensleben mit den gleichen abdichtenden Materialien wie für die Einkapselung der Einlagerungsbereiche verschlossen. Als letzter Schritt wird der Schacht Bartensleben verfüllt.

Die Ziele des Stilllegungskonzeptes können nur erreicht werden, wenn auch die entsprechenden Anlagen zum Stilllegen des ERAM vorhanden sind. Daher wird das ERAM vom Einlagerungsbetrieb auf einen Stilllegungsbetrieb umgerüstet.

Im Rahmen des für die Stilllegung durchzuführenden Planfeststellungsverfahrens ist der Nachweis der Langzeitsicherheit der wichtigste Gesichtspunkt. Die bisher durchgeführten Langzeitsicherheitsanalysen zeigen, daß das verfüllte und verschlossene Endlager keine nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt und den Menschen in Zukunft haben wird.

Wesentliche Grundlage für die Erstellung der entsprechenden Planungsunterlagen im Planfeststellungsverfahren ist ein Untersuchungsprogramm, das folgende Hauptpunkte enthält:

- Allgemeine und geographische Standorterkundung einschließlich der Durchführung der Umweltverträglichkeitsprüfung,
- geowissenschaftliche Standorterkundung über und unter Tage,
- gebirgsmechanische Untersuchungen zum Nachweis der Integrität und Stabilität des Endlagerbergwerkes,
- Erarbeitung von Stilllegungskonzepten (Verfüll- und Verschließkonzept) zum Abschluß des Bergwerkbetriebes sowie Untersuchungen zur Nachbetriebsphase und
- Anlagen- und Betriebsplanung einschließlich Sicherheitsanalysen.

Die allgemeine und geographische Standorterkundung ist im wesentlichen abgeschlossen.

Auf Wunsch des BfS führt die Planfeststellungsbehörde ein Scoping-Verfahren gemäß § 5 UVPG durch. Das Scoping-Verfahren dient der Bestimmung des voraussichtlichen Untersuchungsrahmens der UVP. Hierzu hat BfS dem MRLU ST eine Beschreibung des geplanten Vorhabens vorgelegt. Das MRLU ST hat festgestellt, daß die Vorhabensbeschreibung zum Eintritt in die Erörterung der für die Durchführung der UVP erheblichen Fragen ausreichend ist. Zusätzlich hatte BfS einen Vorschlag zum Untersuchungsrahmen der UVP vorgelegt. Auf einem Scoping-Termin am 17. Dezember 1997 in Magdeburg ist das vom BfS beschriebene Vorhaben mit den Fachbehörden und den anerkannten Naturschutzbehörden erörtert worden.

Die weiteren Planungsunterlagen für das PfV werden voraussichtlich bis Ende 1998 vorgelegt.

Für die Prüfung der vom Antragsteller eingereichten Unterlagen auf Vollständigkeit sowie Gutachten und Stellungnahmen sieht die Planfeststellungsbehörde die Zeit bis etwa Mitte 2000 vor. Die Beteiligung der Öffentlichkeit und die Vorbereitungen hierzu sollen im Zeitraum von 1999 bis 2000 durchgeführt werden.

### **Investitionskosten für die Endlagerprojekte**

Bei den Endlagern sind die Kosten bis zur Inbetriebnahme (Investitions- oder Projektkosten) und die reinen Betriebskosten des Endlagerbetriebes zu unterscheiden.

Unter dem Vorbehalt der bei Eignungsfeststellung dann zu treffenden Entscheidungen zum weiteren Vorgehen und zur Terminplanung belaufen sich die voraussichtlichen Gesamtkosten beim Projekt Gorleben mit den unterstellten Terminen:

Ende Schachtabteufen: November 1997,  
 Ende der untertägigen Erkundung: Ende 2003,  
 Eignungsaussage für den Salzstock im Jahre 2005,

Planfeststellungsbeschluß Mitte 2008,  
 Projektende (Einlagerungsbeginn): Ende 2012,

auf ca. 4.623 Mio. DM (Stand: Dezember 1997). Die bisher aufgelaufenen Kosten bis Ende 1997 betragen ca. 1.934 Mio. DM.

Die Projektkosten Konrad werden unter der Voraussetzung:

Planfeststellungsbeschluß und Beginn der Umrüstung: Anfang 1998,

Projektende (Einlagerungsbeginn): Anfang 2002,

auf ca. 2.743 Mio. DM (Schätzung mit Stand Dezember 1997) geschätzt. Bis Ende 1997 werden Kosten in einer Höhe von 1.382 Mio. DM aufgelaufen.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Bericht des Fachbereichs

Endlagerbetriebskosten fallen zur Zeit nur für das ERAM an.

Die Projekt- und Betriebskosten des ERAM (ohne Produktkontrolle) werden für den Zeitraum 1. Oktober 1993 bis 30. Juni 2000 auf ca. 827 Mio. DM geschätzt.

### **Genehmigungsverfahren zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen (§ 6 AtG)**

#### **Transportbehälterlager Gorleben**

*Einlagerung von weiteren sechs CASTOR-Behältern*

Auf der Grundlage der am 2. Juni 1995 der Brennelementlager Gorleben GmbH (BLG) erteilten umfassenden Neugenehmigung zur Aufbewahrung von

- Brennelementen mit erhöhtem Abbrand in Behältern der Typen CASTOR Ia, Ib, Ic und IIa,
- MOX-Brennelementen in Behältern des Typs CASTOR Ic,
- verfestigten hochradioaktiven Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitung (Glaskokillen der französischen COGEMA) in Behältern der Typen CASTOR HAW-20/28 und TS 28V,
- Uran-Brennelementen und MOX-Brennelementen in Behältern des Typs CASTOR V/19 und
- leeren, innen kontaminierten Behältern dieser Bauarten

mit insgesamt

- 3800 Mg Schwermetall
- 2E + 20 Bq Aktivität und
- 16 MW Wärmefreisetzung

sind – nach dem Anfang März 1997 durchgeführten Transport – nunmehr insgesamt 8 Behälter eingelagert, davon 5 Behälter mit abgebrannten Brennelementen

- 1 CASTOR IIa, 1 CASTOR Ic, 3 CASTOR V/19

sowie 3 Behälter für HAW-Glaskokillen

- 1 TS 28V, 2 CASTOR HAW-20/28.

*Urteil des OVG Lüneburg vom 2. September 1996 (7 K 4357/95)*

Zu der vom BfS am 2. Juni 1995 erteilten Aufbewahrungsgenehmigung (vgl. BfS-Jahresbericht 1995) wurde der am 26. Juli 1995 vom BfS erteilte Sofortvollzug vom OVG Lüneburg im Beschluß vom 25. April 1996 bestätigt.

Am 2. September 1996 hat das OVG Lüneburg die BfS-Genehmigung in vollem Umfang bestätigt. Nach der Abweisung der Klage im Zusammenhang mit der erteilten Aufbewahrungsgenehmigung haben die Kläger gegen die Nichtzulassung der Revision Beschwerde beim Bundesverwaltungsgericht erhoben. Durch Beschluß des Bundesverwaltungsgerichts vom 30. Dezember 1997 wurde die Beschwerde zurückgewiesen. Die Aufbewahrungsgenehmigung vom 2. Juni 1995 ist damit bestandskräftig.

#### **Transportbehälterlager Ahaus**

##### *Genehmigungssituation*

Aufgrund der Genehmigung vom 10. April 1987, zuletzt geändert mit der 6. Änderung vom 6. November 1995, werden zur Zeit im Transportbehälterlager Ahaus 305 beladene Behälter der Bauart CASTOR THTR/AVR aufbewahrt.

*Urteil des OVG Münster vom 30. Oktober 1996 (21 D 2/89.AK)*

Nach der Abweisung der Klage im Zusammenhang mit sämtlichen bis 1995 erteilten Aufbewahrungsgenehmigungen haben die Kläger gegen die Nichtzulassung der Revision Beschwerde beim Bundesverwaltungsgericht erhoben. Über die Beschwerde wurde vom Bundesverwaltungsgericht bisher nicht entschieden.

##### *Neugenehmigung*

Am 7. November 1997 wurde der Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH (BZA) und der Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS) die Genehmigung erteilt, auf maximal 420 Stellplätzen der Lagerhalle in Ahaus

- Kernbrennstoffe in Form von bestrahlten Brennelementen aus Leichtwasserreaktoren (LWR) in maximal 370 Trans-

port- und Lagerbehältern der Bauarten CASTOR Ia, Ic, IIa, V/19 und V/52,

- Kernbrennstoffe in Form von bestrahlten Brennelementen aus dem Thorium-Hochtemperatur-Reaktor (THTR) in maximal 305 Transport- und Lagerbehältern der Bauart CASTOR THTR/AVR (auf 50 Stellplätzen für Behälter mit bestrahlten LWR-Brennelementen),
- kernbrennstoffhaltige Abfälle und sonstige radioaktive Stoffe

mit insgesamt

- 3960 Mg Schwermetall
- 2E + 20 Bq Aktivität und
- 17 MW Wärmefreisetzung

aufzubewahren.

Diese Neugenehmigung umfaßt die Tatbestände der Genehmigung vom 10. April 1987 und aller ihrer Änderungen und Ergänzungen und ist bis zum 31. Dezember 2036 befristet. Über die Aufbewahrung folgender radioaktiver Stoffe wird zu einem späteren Zeitpunkt selbständig entschieden werden:

- Brennelemente aus Forschungsreaktoren in Behältern der Bauart CASTOR MTR2,
- Brennelemente mit defekten Brennstäben,
- Brennelemente mit erhöhtem Abbrand in Behältern der Bauarten CASTOR Ia, Ic und IIa,
- MOX-Brennelemente in Behältern der Bauart CASTOR Ic,
- Nicht-Standard-Brennelemente mit Dummy-Brennstäben in Behältern der Bauarten CASTOR Ia, Ic und IIa,
- Brennelemente mit aus der Wiederaufarbeitung gewonnenem Uran und
- sonstige radioaktive Stoffe als Innenkontamination in unbeladenen Behältern.

Ebenfalls zu einem späteren Zeitpunkt soll über die Behälter der Bauarten CASTOR V/21, TN 900/1-21, GNB I/7 und GNB I/21 entschieden werden.

Die sofortige Vollziehung der Genehmigung wurde angeordnet.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Bericht des Fachbereichs

### Behälterlager der Forschungszentrum Jülich GmbH

Am 31. Dezember 1997 waren 106 von 158 genehmigten Behältern des Typs CASTOR THTR/AVR mit bestrahlten Betriebs-elementen des AVR-Reaktors eingelagert.

### Zwischenlager für abgebrannten Brennstoff (ZAB) in Greifswald

Am 31. Dezember 1997 waren 4435 Brennstoffkassetten im ZAB gelagert. Vom Gesetzgeber ist eine Verlängerung der in § 57a AtG genannten Frist (30. Juni 2000) geplant.

### Transportbehälterlager des Zwischenlagers Nord (ZLN) in Rubenow

Da erstmals als undicht einzustufende Brennelemente in größerer Zahl aufbewahrt werden sollen, müssen zur Eingrenzung der potentiellen Feuchte-Freisetzung noch Messungen an beladenen Behältern im Kernkraftwerk Rheinsberg und im Block 3 des Kernkraftwerks Greifswald vorgenommen werden. Diese Messungen werden voraussichtlich im Februar 1998 abgeschlossen sein.

### Lager für Kernbrennstoffe in Form von Abfällen

Die Genehmigung für die Aufbewahrung von maximal 3500 Fässern mit konditionierten uran- und plutoniumhaltigen Abfällen in einer Lagerhalle der Firma Siemens AG auf dem Nukleargelände in Wolfgang/Hanau gilt noch bis zum 1. Oktober 2004.

Die Genehmigung für die Aufbewahrung von maximal 1000 Fässern mit uranhaltigen Abfällen in einer Lagerhalle der Firma Advanced Nuclear Fuels GmbH (ANF) auf dem Betriebsgelände in Lingen gilt noch bis zum 30. Juni 2014.

### Uranhexafluorid-Lager

Die Genehmigung für das Freilager der Firma ANF in Lingen zur Aufbewahrung von 500 Mg angereichertem Uran (maximal 5 %) und 1500 Mg natürlichem oder

abgereichertem Uran ist noch bis zum 9. August 2003 gültig.

### Anlagensicherung

#### ZLN-Greifswald

Die sicherungstechnischen Einrichtungen des ZLN sind laut Auskunft der EWN fertiggestellt und werden seit August 1997 der Funktions- und Abnahmeprüfung durch den Gutachter unterzogen.

#### ZAB-Greifswald

Die vorhandenen Sicherungseinrichtungen und sicherungstechnischen Gegebenheiten entsprechen nicht dem in der Bundesrepublik gültigen kerntechnischen Regelwerk. Zur Optimierung der sicherungstechnischen Einrichtungen wurden von der EWN vier Änderungsanzeigen beim BfS zur Genehmigung eingereicht. Die ersten drei Änderungsanzeigen hat das BfS, unter Verweis auf Nebenbestimmungen, im Jahr 1997 genehmigt. Am 26. November 1997 ging die revidierte 4. Änderungsanzeige der EWN beim BfS ein. Nach Abschluß der Begutachtung durch die GRS wird die Genehmigung voraussichtlich im ersten Quartal 1998 erteilt.

Die Begutachtung der Anlagensicherung des ZAB – bezüglich einer Verlängerung der Betriebsgenehmigung bis Ende 2005 – durch die GRS wurde im November 1997 mit dem Ergebnis abgeschlossen, daß bei Umsetzung der vier Änderungsanzeigen ein Weiterbetrieb bis Ende 2005 aus sicherungstechnischer Sicht möglich ist.

#### BZA Ahaus

Ein neuer Anlagensicherungsbescheid wurde – zusammen mit der neuen Aufbewahrungsgenehmigung – am 7. November 1997 termingerecht erstellt und an den Anlagenbetreiber BZA/GNS übergeben.

#### Zuverlässigkeitsüberprüfungen im Genehmigungsverfahren nach §§ 4 und 6 AtG

Im Jahre 1997 wurden ca. 450 Anträge auf Überprüfung der Zuverlässigkeit beim BfS gestellt und von ET-S 2.4 bearbeitet.

### Staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen

Gemäß der Zuständigkeit (§ 23 AtG) vollzieht das BfS die staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen nach § 5 AtG am Standort Hanau seit Mai 1981. Hierzu wurde in den vergangenen Jahren eine Außenstelle des BfS mit dem entsprechenden Betriebspersonal und den notwendigen Einrichtungen errichtet. Bei den am Standort Hanau verwahrten Kernbrennstoffen handelt es sich insbesondere um Kernbrennstoffe, die im Kernbrennstoffkreislauf zeitweise nicht benötigt werden oder Kernbrennstoffe für deren Lagerung bzw. Umgang keine Genehmigung vorliegt.

Dazu zählen:

- *Plutoniumnitratlösungen aus der deutschen Wiederaufarbeitungsanlage WAK*

Nach Erteilung der ersten Teilgenehmigung für das Leerfahren der Siemens MOX-Anlage durch das Land Hessen wurden die Plutonium-Nitratgebände am 1. Oktober 1997 zusammen mit der von BfS installierten und erfolgreich erprobten Temperaturüberwachungseinrichtung an die Fa. Siemens AG übergeben. In den Jahren 1997 und 1998 soll das Pu-Nitrat in Plutoniumdioxid konvertiert werden.

- *Plutoniumoxid aus ausländischen Wiederaufarbeitungsanlagen und MOX-Pulver der Fa. Siemens AG*

Die Anlage der Brennelementwerke Hanau zur Weiterverarbeitung ist seit Juni 1991 außer Betrieb. 1996 hat der Siemens-Konzern beschlossen, den Standort Hanau aufzugeben und die Anlage rückzubauen. In den Jahren 1998–2000 soll die Anlage leergefahren werden. Ende September 1997 wurde der Fa. Siemens AG die 1. Teilgenehmigung zum Leerfahren der Anlage nach § 7 Abs. 3 AtG durch das Land Hessen erteilt. Sie beinhaltet jedoch – außer für das Plutoniumnitrat – keinen Umgang mit Kernbrennstoffen. Im Jahr 1997 wurde der Fa. Siemens

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Bericht des Fachbereichs

AG eine 2. Teilgenehmigung erteilt, in der u. a. die Annahme einer begrenzten Menge von Kernbrennstoffen der FZK GmbH aus der staatlichen Verwahrung, deren Umpacken, Umfüllen, Verpacken und Abtransport genehmigt wurde.

- Brennelemente, Brennstäbe in Köchern und Fertigungsrestmengen (Pulver und Pellets) für den Schnellen Brüter in Kalkar

Die Bundesregierung hat am 21. März 1991 das Brüterprojekt gestoppt. Die Schnell-Brüter-Kernkraftwerksgesellschaft hat beim BfS einen Antrag zur Herausgabe der Elemente zum Zwecke der Zwischenlagerung bei der UKAEA in Dounreay gestellt. Ferner wird die Möglichkeit der Aufbewahrung der SNR-Brennelemente in einem Zwischenlager untersucht. Zur Zeit wird ein neuer Transportbehälter – „Einzel-SNR-Brennelement-Behälter (ESBB)“ für den Abtransport der Brennelemente zur Zwischenlagerung – von der Fa. NCS konstruiert. Mit einer Typ B(U) Zulassung ist jedoch, aufgrund der aufgetretenen Falltestproblematik, nicht vor 1998 zu rechnen. Zusätzlich wird die Übernahme der SNR-Brennelemente durch die Advanced Nuclear Medical Service (ANMS) – einer amerikanischen Firma – geprüft.

- MOX-Brennstäbe in Köchern und Fertigungsrestmengen für den KNK-Reaktor der FZK in Karlsruhe

Die FZK hat beim BfS einen Antrag auf Herausgabe zum Zwecke der Aufarbeitung in Großbritannien gestellt. Die Herausgabe und der Abtransport der KNK-MOX-Brennstäbe wurde im Februar 1997 abgeschlossen. Die Fa. Siemens AG stellte am 17. November 1997 – nach Erhalt einer Umgangsgenehmigung für die Kernbrennstoffe des FZK nach § 7 Abs. 3 AtG des Landes Hessen – einen Antrag auf Herausgabe der Kernbrennstoffe aus der staatlichen Verwahrung. Die Herausgabe aus der staatlichen Verwahrung an die Fa. Siemens AG erfolgte im November 1997.

- Brennelemente der TU München, der TH Darmstadt und der Hochschule

*Bremen mit hoch angereichertem Uran aus den jeweiligen Siemens-Unterrichtsreaktoren (SUR 100)*

Zur Zeit werden die Brennelemente aus den Siemens-Unterrichtsreaktoren der TU München, der TH Darmstadt und der Hochschule Bremen staatlich verwahrt.

- Plutonium und U-235-haltige Kernbrennstoffpräparate des BfS

Die Übernahme, der auf der Grundlage einer Anordnung nach § 19 Abs. 3 AtG der Berliner Senatsverwaltung lagernden Kernbrennstoffe, erfolgte im November 1996. Die Kernbrennstoffe werden seitdem im staatlichen Verwahrungslager in Hanau gelagert.

Im Jahr 1997 wurden zudem 4 Plutonium-Beryllium-Neutronen-Quellen des BfS in der BfS-Außenstelle Berlin-Karlshorst staatlich verwahrt.

### Herausgabe aus der staatlichen Verwahrung

- 1997 wurden 2 Transporteinheiten der KNK II/3 MOX-Brennstäbe des FZK an den nach § 4 AtG berechtigten Beförderer zum Zwecke der Ausfuhr nach Dounreay/Großbritannien herausgegeben.
- Die Herausgabe von drei Pu-Be-Neutronenquellen an den Transporteur, zum Zwecke der Verbringung und Entsorgung in den USA, erfolgte am 4. März 1997 und am 15. Juli 1997.
- Am 1. Oktober 1997 wurden desweiteren 40 staatlich verwahrte Pu-Nitratgebinde an die Fa. Siemens AG zum Zwecke der nach § 7 Abs. 3 AtG genehmigten Konversion in Plutoniumdioxid herausgegeben.
- Zwischen dem 20. November 1997 und dem 27. November 1997 erfolgte die Herausgabe der Fertigungsrestmengen des FZK aus der Produktion der KNK II/3 MOX-Brennelemente an die Fa. Siemens AG, die diese Restmengen auf der Grundlage einer Genehmigung nach § 7 Abs. 3 AtG vom 17. November 1997 neu verpackt bzw. umfüllt und schließlich abtransportieren läßt.

### Sanierung von Spaltstoffgebinden, Verbesserung der Lagereinrichtungen

- Im ersten Quartal 1997 wurden die Arbeiten zur Optimierung des Verpackungs- und Analysenzustandes von folienumhüllten Spaltstoffgebinden abgeschlossen.
- Im Jahr 1997 wurden sämtliche Lageranordnungen der staatlichen Verwahrung auf Standsicherheit bei Eintreten des Bemessungserdbebens untersucht. Nach Abschluß einiger Verbesserungen an den Lagereinrichtungen wurde die Standsicherheit der Lagereinrichtungen vom Sachverständigen – TÜV Bayern-Sachsen e. V. – bestätigt.
- Eine zerstörungsfreie Kernbrennstoffanalytik wurde im Rahmen der Eingangskontrollen für Kernbrennstoffe aufgebaut und in Betrieb gesetzt.
- Die ergänzenden zerstörenden Kernbrennstoffanalysen wurden im Jahr 1997 von der Fa. Siemens AG und von der TU-München – Institut für Radiochemie – auf der Basis der bestehenden Verträge durchgeführt.

### Übernahme von Kernbrennstoff durch die staatliche Verwahrung

- Bei sämtlichen Ein- und Auslagerungen dehnte sich die staatliche Verwahrung – zeitlich und räumlich begrenzt – in die Bereiche der Fa. Siemens AG aus.
- Folgende Kernbrennstoffe wurden im Jahr 1997 in staatliche Verwahrung übernommen:
  - 131 KNK II/3 MOX-Brennstäbe von der Fa. Siemens AG am 6. Februar 1997;
  - 2 Pu-Be-Neutronenquellen des Typs IBN 10 und IBN 12 in der Außenstelle des BfS in Berlin Karlshorst am 3. Juli 1997;
  - die Kernbrennstoffplatten des Siemens-Unterrichtsreaktors der Hochschule Bremen zwischen dem 7. und 9. Juli 1997;
  - die in der Landessammelstelle des Landes Nordrhein-Westfalen lagernden, beschlagnahmten Kernbrennstoffe am 30. Oktober 1997;

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Bericht des Fachbereichs

die im Europäischen Institut für Transurane lagernden, beschlagnahmten Kernbrennstoffe am 3. Dezember 1997.

- In den Verfahren der Fa. Siemens AG und Schnell-Brüter-Kernkraftwerksgesellschaft mbH (SBK) gegen die Bundesrepublik Deutschland, BfS, gegen die Höhe der Kostenbescheide für die staatliche Verwahrung für den Zeitraum 1983 bis 1993 hat BfS gegen Urteile des Verwaltungsgerichtes Braunschweig die Zulassung der Berufung beantragt, eine Entscheidung liegt noch nicht vor.

### **Beförderungsgenehmigungen und Versandstückzulassungen für das Jahr 1997**

Besondere Aufmerksamkeit erlangte der erstmalige gemeinsame Transport von insgesamt sechs Behältern in das Zwischenlager Gorleben im März 1997. Hierfür wurden zwei Behälter mit hochradioaktiven Aufarbeitungsabfällen aus Frankreich, ein Behälter (CASTOR Ic) aus Gundremmingen und drei Behälter (CASTOR V/19) aus dem KKW Neckarwestheim zu einem Transport zusammengefaßt. Das BfS war in die Koordinierung der verschiedenen beteiligten Behörden, die Erörterung von Sicherheitsfragen sowie einer intensiven Aufklärung der Polizeikräfte eingebunden. Der gezielten Verbreitung falscher Behauptungen bezüglich der Strahlungswichtungsfaktoren für Neutronen wurde erfolgreich entgegengetreten. Damit hielt sich die beabsichtigte Verunsicherung der Polizeibeamten in Grenzen.

Gegen die Beförderungsgenehmigungen und den jeweils angeordneten Sofortvollzug für den gemeinsamen Transport von 6 Behältern mit bestrahlten Brennelementen (3 Behälter von Neckarwestheim und ein Behälter von Gundremmingen) und hochradioaktiven Glaskokillen (2 Behälter von La Hague) zum TBL Gorleben wurden

mehrere gerichtliche Verfahren angestrengt, die bisher für die Kläger und Antragsteller im Ergebnis ohne Erfolg blieben.

Die Samtgemeinde Dannenberg und zwei Privatpersonen haben Fortsetzungsfeststellungsklage gegen die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das BfS, wegen des Transportes abgebrannter Brennelemente und hochradioaktiver, wärmeentwickelnder Abfälle nach Gorleben erhoben. Beantragt wurde, festzustellen, daß die Genehmigungen zur Beförderung von Kernbrennstoffen vom 5. Februar 1997 rechtswidrig waren. Eine Entscheidung des Verwaltungsgerichtes Braunschweig liegt noch nicht vor.

Untersuchungen aufgrund einer Strafanzeige gegen Mitarbeiter des BfS wurden von der zuständigen Staatsanwaltschaft Braunschweig nach anfänglichen Ermittlungen eingestellt.

### **Beförderungsgenehmigungen für das Jahr 1997**

Gemäß § 23 AtG ist das BfS für die Erteilung von Beförderungsgenehmigungen (§ 4 AtG) für Kernbrennstoffe und Beförderungsgenehmigungen (§ 8 StrlSchV) für Großquellen zuständig. Im Jahre 1997 wurden insgesamt 337 Genehmigungen (Einzel-, Mehrfach- und allgemeine Genehmigungen) erteilt.

Beförderungsvorgänge von Kernbrennstoffen und Großquellen sind den zuständigen Aufsichtsbehörden mindestens 48 Stunden vor ihrer Durchführung zu melden.

1997 wurden insgesamt 679 Transporte von Kernbrennstoffen durchgeführt, und zwar:

#### *142 Inlandtransporte \*)*

Schiene/bestrahltes Material	2
Schiene/Reststoffe und Abfall	0

Straße/unbestrahltes Material	112
Straße/bestrahltes Material	6
Straße/Reststoffe und Abfall	22

#### *537 Grenzüberschreitende Transporte \*)*

Luft/unbestrahltes Material	51
Luft/bestrahltes Material	0
See/unbestrahltes Material	94
See/bestrahltes Material	9
See/Reststoffe und Abfall	16
Schiene/unbestrahltes Material	11
Schiene/bestrahltes Material	72
Schiene/Reststoffe und Abfall	1
Straße/unbestrahltes Material	268
Straße/bestrahltes Material	8
Straße/Reststoffe und Abfall	7

(Vergleiche auch: Kapitel Prüfungen, Zulassungen, Genehmigungen, Seite 65)

### **Versandstückzulassungen für das Jahr 1997**

Gemäß § 6 GGVS/GGVE/ § 19 GGVS ist das BfS die zuständige Behörde für die Zulassung von Versandstücken für sonstige radioaktive Stoffe vom Typ B und für Versandstücke für spaltbares Material. Außerdem sind ausländische Zertifikate zu validieren. Soweit im Verkehrsrecht gefordert, ist das BfS zuständig für die Erteilung von verkehrsrechtlichen Beförderungsgenehmigungen.

Es wurden 91 Versandstückzulassungen und Anerkennungen ausländischer Zertifikate erstellt.

\* Anmerkung: Bei kombinierten Transporten wurden folgende Festlegungen gewählt:  
 Straßen- oder Schienen-/Seetransport:  
 als Seetransport  
 Straßen-/Schienentransport:  
 als Schienentransport  
 Straßen-/Lufttransport:  
 als Lufttransport  
 Straßen-/Schienen-/Seetransport:  
 als Schienentransport

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Meteorologische Verhältnisse am Erkundungsbergwerk am Standort Gorleben für den Zeitraum 1988 bis 1996

D. Ehrlich, V. Kunze, P. Theis

Auf dem Gelände des Erkundungsbergwerks Gorleben befindet sich eine meteorologische Station, mit der die 10-min-Mittelwerte der meteorologischen Parameter *Lufttemperatur, relative Feuchte, Luftdruck, Strahlungsbilanz, Windrichtung, Windgeschwindigkeit* sowie die 10-min-Summenwerte der Niederschlagsmenge erfaßt werden. Die meteorologischen Parameter werden seit 1988 erfaßt, um standortspezifische Daten für die Ausbreitungsverhältnisse am Standort Gorleben zu erhalten.

Mit einem vom BfS entwickelten Prüf- und Auswerte-Programm werden die 10-min-Werte einer Plausibilitätsprüfung unterzogen und danach die Mittel- bzw. -Summenwerte für Tages-, Monats- und Jahreszeiträume berechnet. Die Ausfallzeit bzw. die Verfügbarkeit der meteorologischen Station werden ermittelt und dokumentiert. Auf diese Weise wurden für den Zeitraum von 1988 bis 1996 meteorologische Daten ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Datenauswertung sind in **Tabelle ET-1** und **Tabelle ET-2** sowie in **Abbildung ET-1** und **Abbildung ET-2** zusammengestellt.

Aus dieser Statistik für den Zeitraum 1988 bis 1996 kann für die einzelnen meteorologischen Parameter folgendes abgeleitet werden:

- **Temperatur:**  
Für den o. a. Zeitraum ergibt sich eine mittlere *Temperatur* von 8,5 °C. Der niedrigste Jahresmittelwert von 6,8 °C trat im Jahr 1996 und der höchste Mittelwert von 9,6 °C im Jahr 1990 auf.
- **relative Feuchte:**  
Für den Zeitraum ergibt sich eine mittlere *relative Feuchte* von 76,5 %. Der niedrigste Wert von 75,1 % rührt aus dem Jahr 1994, der höchste Wert von 78,2 % aus dem Jahr 1996 her.

Jahre	Lufttemperatur °C	Relative Feuchte %	Luftdruck hPa	Strahlungsbilanz mW/cm	Windgeschwindigkeit m/s	Niederschlagsmenge mm
1988	8,2	77,8	1013,5	4,3	4,5	399,0
1989	9,0	75,9	1013,0	3,6	4,2	454,7
1990	9,6	75,7	1012,2	5,3	4,8	472,3
1991	8,2	76,4	1017,3	3,7	4,1	336,6
1992	9,2	76,0	1015,8	3,8	4,3	544,3
1993	8,0	78,0	1015,9	4,1	4,2	671,6
1994	9,0	75,1	1014,2	4,1	4,2	669,6
1995	8,7	75,3	1014,3	4,1	4,1	449,3
1996	6,8	78,2	1015,7	4,1	3,7	364,5
Mittelwert	8,5	76,5	1014,6	4,1	4,2	484,7

**Tabelle ET-1:**  
Jahres-Mittel- bzw. -Summenwerte von sechs meteorologischen Parametern für die Jahre 1988 bis 1996 am Erkundungsbergwerk Gorleben

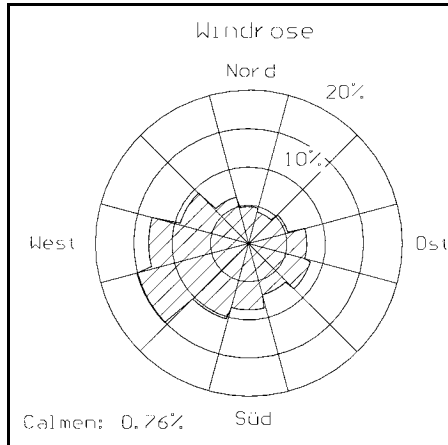
Sektor	Windrose %	Niederschlagsrose %
1	4,8	5,2
2	4,2	2,4
3	5,3	2,7
4	7,6	4,0
5	8,4	3,8
6	7,0	6,6
7	8,7	10,6
8	10,3	12,7
9	15,1	16,8
10	13,0	17,8
11	9,3	10,2
12	6,3	7,4
Calmen	0,8	0,7

**Tabelle ET-2:**  
Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Niederschlagsmenge in den 12 Sektoren für die Jahre 1988 bis 1996 am Erkundungsbergwerk Gorleben.

- **Luftdruck:**  
Der Mittelwert des *Luftdrucks* liegt bei 1014,6 hPa mit Abweichungen in den Einzeljahren von 0,1 % bis 0,3 % für den gesamten Zeitraum.
- **Strahlungsbilanz:**  
Der Mittelwert der *Strahlungsbilanz* wurde mit 4,2 mW/cm<sup>2</sup> ermittelt. Der Schwankungsbereich liegt zwischen 3,6 mW/cm<sup>2</sup> (1989) und 5,3 mW/cm<sup>2</sup> (1990).
- **Windgeschwindigkeit:**  
Der Mittelwert der *Windgeschwindigkeit* wurde mit 4,2 m/s ermittelt. Der Schwankungsbereich liegt zwischen 3,7 m/s (1996) und 4,8 m/s (1990).

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte



**Abbildung ET-1:**  
Windrose für den Zeitraum 1988 bis 1996.

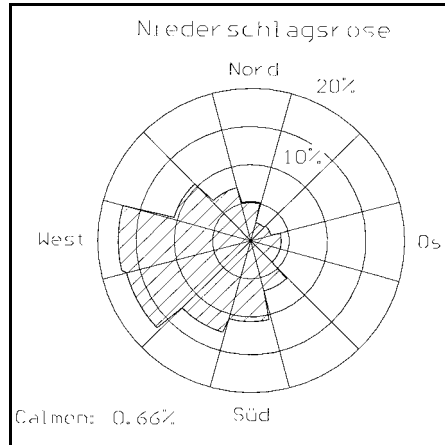
– **Niederschlag:**  
Für den Zeitraum ergibt sich eine mittlere Niederschlagsmenge von 484,7 mm/a bei einer Verfügbarkeit des Niederschlagsgebers von 93,1 %.

– **Windrichtung:**  
Für die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung in 12 Sektoren ergibt sich mit 28,13 % eine bevorzugte Richtung aus den Sektoren 9 bis 10 (WSW bis W) und eine Nebenwindrichtung mit 15,99 % aus den Sektoren 4 bis 5 (O bis OSO).

Für die Häufigkeitsverteilung des *Niederschlags* in Abhängigkeit von der *Windrichtung* ist festzustellen, daß der *Niederschlag* hauptsächlich mit 34,5 % bei *Windrichtung* aus den Sektoren 9 bis 10 (WSS bis W) aufgetreten ist.

Die Berechnung der Diffusionskategorie erfolgt nach KTA 1508 aus den meteorologischen Parametern *Windgeschwindigkeit* und *Strahlungsbilanz*. Für die 6 Wetterkategorien A bis F ergibt sich die in **Tabelle ET-3** angegebene prozentuale Aufteilung.

Hieraus kann abgeleitet werden, daß die neutralen Wetterkategorien (C und D) mit 63,2 % am häufigsten, die stabilen Wetterkategorien (E und F) mit 29,2 % am zweithäufigsten und die labilen Wetterkategorien (A und B) mit 6,8 % am wenigsten aufgetreten sind.



**Abbildung ET-2:**  
Niederschlagsrose für den Zeitraum 1988 bis 1996.

### Übertägige Standorterkundung „Dömitz-Lenzen“ – Geröll- und Geschiebeanalytik

Auftragnehmer:  
HGN Hydrogeologie GmbH

Projektleitung BfS: M. Beushausen

Im Rahmen der geologischen und hydrogeologischen Untersuchung des Nordteiles der Strukturzone Gorleben-Rambow und seiner Randsenken erfolgten 1996 mehrere Erkundungsbohrungen. Dort gewonnene Kernproben wurden neben anderen Untersuchungszielen auch für die stratigraphische Einstufung herangezogen.

In kaltzeitlichen, fossilfreien Abschnitten können biostratigraphische Untersuchungen nicht angewendet werden. Hier hat sich die lithostratigraphische Herangehensweise bewährt. Eine wichtige Methode zur lithostratigraphischen Einstufung fossilfreier pleistozäner Horizonte ist die Geschiebe- und Gerölluntersuchung. Sie sollte jedoch nie losgelöst von anderen Methoden eingesetzt werden. Bei der stratigraphischen Einstufung sind die jeweiligen Lagerungsverhältnisse und die Genese des Untersuchungsraumes zu berücksichtigen.

Da die Stromrichtung, der Transportweg und der Gesteinsuntergrund des Inlandei-

Wetterlage	Diffusionskategorie	Häufigkeit in %
labil	A	2,1
	B	4,7
neutral	C	14,9
	D	48,2
stabil	E	12,1
	F	17,2

**Tabelle ET-3:**  
Prozentuale Häufigkeit der sechs Wetterkategorien im Zeitraum 1988 bis 1996 am Erkundungsbergwerk Gorleben.

ses während jeder Vereisungsphase differierten, wurde jeweils unterschiedliches Moränenmaterial aufgenommen, so daß die Geschiebemergel jeder Vereisungsphase ein mehr oder weniger charakteristisches Geschiebespektrum führen. Nachweislich baute sich das mitteleuropäische Inlandeis zu Beginn eines Glazials (Saale-Kaltzeit sowie Weichsel-Kaltzeit) über dem skandinavischen Hochgebirge auf. Es hinterließ somit in Mitteleuropa mit einer nördlichen Stromrichtung eine norwegische und mittelschwedische Geschiebecharakteristik. Im Verlauf eines Glazials fand eine ostwärts gerichtete Verlagerung des Eisschreitels in Richtung auf den Bottnischen Meerbusen der Ostsee statt, so daß ein nordöstlicher bis östlicher Eisstrom auch finnisches und baltisches Material in den mitteleuropäischen Raum transportierte. Diese Verlagerung des Eisstromes aus der nördlichen in eine nordöstliche und östliche Richtung wurde sowohl für die Saale- als auch für die Weichsel-Kaltzeit belegt.

Die unterschiedlichen Strömungsrichtungen können unter anderem mit Hilfe der Geschiebe- und Geröllanalytik in der Fein- und Mittelkiesfraktion nachgewiesen werden. Hierzu ist jedoch die Anwendung genügend großer Probenzahlen erforderlich, damit eine statistisch abgesicherte Auswertung der Untersuchungsergebnisse erfolgen kann.

Eine weitere Methode der lithostratigraphischen Untersuchung von glazigenen Sedi-



## Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

### Wissenschaftliche Kurzberichte

menten ist die Leitgeschiebeanalytik nach dem theoretischen Geschiebezentrums (TGZ-Methode) von LÜTTIG (1958). Dabei werden die ermittelten Leitgeschiebe einer Probe ihrem Herkunftsgebiet zugeordnet und über Mittelwertbildung der geographischen Längen und Breiten dieser Herkunftsgebiete ein theoretisches Geschiebezentrum errechnet. Somit erhält man die Koordinaten des Zentrums der jeweiligen Geschiebecharakteristik. Das Problem dieser Methode ist die Menge nicht eindeutig bestimmbarer Geschiebe. Man geht in der Regel davon aus, daß nur etwa 10 % der Geschiebe ihrem Herkunftsort zugeordnet werden können. Dieser Umstand und die Tatsache der geringen Geschiebezahlen > 20,0 mm (durchschnittlich 0,3 Geschiebe je Kilogramm) bewirken, daß zur Anwendung dieser Methode sehr große Probenmengen bewältigt werden müssen. Dies ist in Bohrungen selten möglich.

Für die Untersuchungen sollte über einen Geschiebemergelhorizont alle 3,0 m eine Probe (etwa 12 bis 15 kg) – mindestens jedoch drei Proben je Horizont – entnommen werden. Darüber hinaus sollten Basal- und Topbereich eines Horizontes gesondert betrachtet werden, da hier Aufarbeitungsprozesse eine Veränderung im Geschiebespektrum verursachen können.

Die Proben stellen Punktproben über eine Kernlänge zwischen 0,5 m und 1,0 m dar.

Die geröll- und geschiebeanalytischen Untersuchungen erbrachten folgende Ergebnisse:

- Elster-kaltzeitliche Sande und Geschiebemergel lagern zumeist in relativ großer Teufe (bei ca. –160 m NN).
- Die saale-kaltzeitlichen Geschiebemergel besitzen sehr unterschiedliche Teufenlagen und Mächtigkeiten. Eine regionale Korrelation der Horizonte der einzelnen Stadiale: Drenthe (1), Drenthe (2) und Warthe ist kaum möglich. Angesichts der vorliegenden Ergebnisse sind diese Horizonte nur lückenhaft verbreitet. Die geringen Mächtigkeiten

in den einzelnen Bohrungen unterstützen diese Aussage.

- Die stark schwankende Teufenlage der einzelnen Horizonte deutet veränderliche Lagerungsverhältnisse auf den Tertiärhochlagen und in den quartären Ausräumungszonen (Rinnen) an. Geschiebemergel, die dem Geschiebespektrum nach ins Drenthe (2)-Stadial gestellt wurden, lagern z. B. in Teufen zwischen –37 m NN (in der Rinne) und –12 m NN (auf der Tertiärhochlage).
- Die weichselglazialen Sande und Kiese der Niederterrasse füllen Senken und Rinnen der postsaaleglazialen Oberfläche aus und nivellieren so die pleistozäne Oberfläche des Tales der „Ur-Elbe“. Während die Basis dieses Horizontes zwischen –15 m NN und +2 m NN variieren kann, liegt ihre Oberfläche relativ eben zwischen +11 m NN und +15 m NN.

### Übertägige Bohrungen „Dömitz-Lenzen“

Auftragnehmer: *DBE, IMS mbH*

Projektleitung BfS: *M. Beushausen*

Das 1996 mit Bohrlos eins begonnene übertägige Erkundungsprogramm Dömitz-Lenzen wurde im April 1997 nach der naturschutzbedingten Arbeitspause mit den Bohrlosen zwei und drei fortgeführt. Vorläufige Auswertungen der Untersuchungen (Bohrungen und Seismik) des ersten Bohrloses durch die BGR erbrachten einen Erkenntniszuwachs hinsichtlich der Lage, Ausbreitung und des petrographischen Aufbaus der quartären Ausräumungszonen. Weitere wichtige Erkenntnisse sind die Bestätigung der flächendeckenden Verbreitung von stockwerkstrennenden Schichteinheiten des Quartärs und des Tertiärs. Hinsichtlich der

Salz-/Süßwasserverteilung im untersuchten Raum wurden Detailkenntnisse gewonnen, die u. a. Rückschlüsse auf die Grundwasserdynamik erlauben.

Das zweite Bohrlos wurde mit dem Ziel konzipiert, basierend auf den Erkundungsergebnissen des ersten Bohrloses, die bestehende Aufschlußdichte zu erhöhen und die vorliegenden Ergebnisse abzusichern. Zu diesem Zweck wurden zehn hydrogeologische Bohrungen im Zeitraum vom 7. Mai bis zum 26. August 1997 mit einer kumulativen Länge von ca. 2350 m abgeteuft. Im unmittelbaren Umfeld jeder hydrogeologischen Bohrung wurden weiterhin, je nach Bedarf, zwei bis vier Nebenbohrungen abgeteuft und zu Grundwassermeßstellen mit Filtertiefen zwischen 11 und 245 m ausgebaut. Insgesamt wurden somit 34 Nebenbohrungen mit einer kumulativen Länge von ca. 3780 m niedergebracht. In diesen Bohrungen und Meßstellen erfolgten zahlreiche Untersuchungen mit geologischen, geophysikalischen, hydrochemischen und hydraulischen Methoden. Die Grundwassermeßstellen dienen der Entnahme von Grundwasserproben zur Bestimmung des Chemismus sowie isopenhydrologischer Untersuchungen und der Einmessung der Grundwasserstände.

Mit dem Bohrlos drei soll ermöglicht werden, die Aufstiegs- und Subrosionsgeschichte bzw. die strukturelle Entwicklung im Übergangsbereich zwischen den Salzstöcken Gorleben und Rambow zu rekonstruieren. Dazu wurden fünf strukturgeologische Bohrungen mit einer Gesamtlänge von ca. 1600 m abgeteuft. Geologisches Ziel dieser Bohrungen war das Hutgestein bzw. alttertiäre Schichten randlich des Übergangsbereichs. Anhand von Kernproben und speziellen bohrlochgeophysikalischen Meßverfahren wird der strukturelle und stratigraphische Aufbau des Deckgebirges in diesem Bereich untersucht.

Mit der Durchführung eines Großpumpversuchs soll 1998 das übertägige Erkundungsprogramm im Raum Dömitz-Lenzen abgeschlossen werden.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Langzeit-Ausbreitungs- und -Ablagerungsfaktoren unter Berücksichtigung der thermischen und mechanischen Kaminüberhöhung auf der Basis der Wetterdaten 1986–1993 vom Standort Konrad

Auftragnehmer:  
Gesellschaft für Anlagen- und  
Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln

Projektleitung BfS: D. Ehrlich

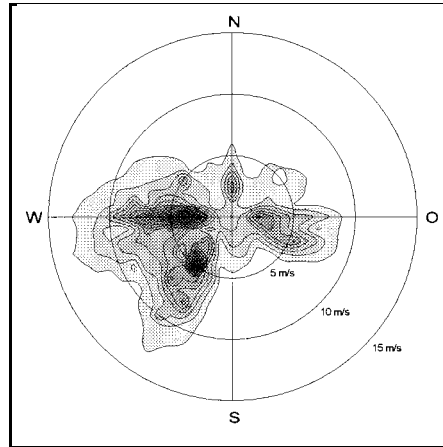
#### Einleitung

Für das geplante Endlager Konrad wurden betriebsbedingte Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwetterstrom des Grubengebäudes über den Diffusor untersucht. Der Abwetterstrom verläßt den Diffusor aufgrund der aktiven Bewetterung mit einem Impuls, der zu einer Kaminüberhöhung führt. Außerdem kann die Wärmeemission über die im Grubengebäude erwärmten Abwetter zu einer zusätzlichen thermisch bedingten Überhöhung führen. Bei der Berechnung der Strahlenexpositionen durch die betriebsbedingten Ableitungen und der darauf basierenden Festlegung von Aktivitätsgrenzwerten für die einlagerbaren Abfälle wurden die Abgasfahnenüberhöhung durch den Austrittsimpuls und die Wärmeemission bisher nicht berücksichtigt.

Im folgenden wird dargestellt, welchen Einfluß die Berücksichtigung einer Überhöhung bei Ableitung über den Diffusor auf die berechneten Strahlenexpositionen hat. Dazu werden die in die Berechnung der Strahlenexposition eingehenden bodennahen Langzeit-Ausbreitungsfaktoren und Langzeit-Ablagerungsfaktoren ohne Überhöhung und mit Überhöhung am Diffusor getrennt für das Sommerhalbjahr und das ganze Jahr ermittelt und miteinander verglichen.

#### Meteorologische Datenbasis

Für die durchgeführten Rechnungen zur Ermittlung der bodennahen Langzeit-Aus-

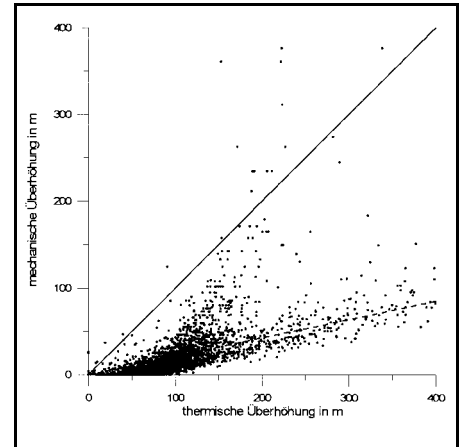


**Abbildung ET-3:**  
Windrichtungs-/Windgeschwindigkeitsverteilung der Jahre 1986 bis 1993.

breitungsfaktoren und Langzeit-Ablagerungsfaktoren werden im Gegensatz zu den im Planfeststellungsverfahren Konrad verwendeten Wetterstatistiken der Wetterstation Braunschweig-Völkenrode des Deutschen Wetterdienstes Meßdaten der meteorologischen Station Konrad der Jahre 1986 bis 1993 verwendet. Diese Daten sind vorab ausführlichen Konsistenz- und Plausibilitätsüberprüfungen sowie statistischen Auswertungen unterzogen worden [1].

In **Abbildung ET-3** ist die kombinierte Windrichtungs-/Windgeschwindigkeitsverteilung der Jahre 1986 bis 1993 am Standort Konrad dargestellt. Die Meßhöhe von Windgeschwindigkeit und Temperatur betrug 20 m.

Der Abstand vom Zentrum kennzeichnet in diesem Diagramm die Windgeschwindigkeit, während die Schwärzung der Fläche die Häufigkeit der jeweiligen Kombination von Windrichtung und Windgeschwindigkeit repräsentiert. Die konzentrischen Kreise markieren jeweils Windgeschwindigkeiten in einem Abstand von 5 m/s. Die dunkle Fläche in südwestlicher Richtung auf dem inneren Kreis bedeutet ein häufiges Vorkommen von Windgeschwindigkeiten um 5 m/s aus dieser Richtung. Es existieren danach neben der Hauptwindrichtung (West) zwei Neben-



**Abbildung ET-4:**  
Verhältnis von thermischer zu mechanischer Kaminüberhöhung für jede zehnte meteorologische Situation.

windrichtungen (Ost und Südwest), wobei die Windgeschwindigkeiten aus östlichen Richtungen im Mittel niedriger sind.

#### Berechnungsverfahren

Die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung „Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen“ vom 31. März 1990 (AVV) sieht in ihrem Abschnitt 4.6.1 eine Berücksichtigung der Kaminüberhöhung in Ausnahmefällen vor. Beim Endlager Konrad ist dieser Ausnahmefall vornehmlich durch zwei Besonderheiten gegeben:

- Bedingt durch im wesentlichen bergsicherheitliche Anforderungen resultiert ein im Vergleich z. B. mit einem Kernkraftwerk höherer Volumenstrom, der durch einen großen Diffusordurchmesser bei hohen Austrittsgeschwindigkeiten erreicht wird. Dieser Umstand führt zu einer nicht unerheblichen mechanischen Kaminüberhöhung.
- Infolge der im Grubengebäude vorherrschenden Gesteinstemperaturen (ungestörtes Gestein: 50 °C, an der Gesteinsoberfläche: 35 °C) werden Grubenwetter auf ihrem Weg durch

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

das Grubengebäude aufgewärmt und mit einer gegenüber der Eintrittstemperatur höheren Temperatur über den Diffusor in die Umgebung freigesetzt. Im Mittel ergibt sich damit eine relativ konstante Abwettertemperatur von 30 – 35 °C. Dieses führt im Vergleich mit einem Kernkraftwerk zu relativ hohen Temperaturdifferenzen zur Umgebungsluft (besonders in den kalten Wintermonaten) und damit zu einer nicht vernachlässigbaren thermischen Kaminüberhöhung.

### Thermische Kaminüberhöhung

Die Kaminüberhöhung  $\Delta h_{th}$  wird in den Berechnungsformeln zur Ermittlung der bodennahen Ausbreitungs- und Ablagefaktoren durch eine Erhöhung der tatsächlichen Emissionshöhe  $H$  um diesen Betrag berücksichtigt. Die effektive Emissionshöhe  $H_{eff}$  ergibt sich somit zu:

$$H_{eff} = H + \Delta h_{th}$$

Die AVV sieht zwar die Berücksichtigung der Kaminüberhöhung in Ausnahmefällen vor, gibt aber kein Berechnungsverfahren an. In den Störfallberechnungsgrundlagen von 1994 (SBG) wird hingegen detailliert eine Vorschrift zur Berechnung der thermischen Kaminüberhöhung beschrieben. Diese Vorschrift entspricht dem in der VDI Richtlinie 3782, Blatt 3 (VDI 85) beschriebenen Verfahren zur Berechnung der thermischen Kaminüberhöhung für warme Quellen mit einem Wärmestrom von mehr als 1,4 MW. Die Berechnungsformel zur Ermittlung der Kaminüberhöhung hängt bei diesem Verfahren im einzelnen von der Diffusionskategorie ab. In allen Fällen ist  $\Delta h_{th}$  proportional zum Wärmestrom, zum Kehrwert der Windgeschwindigkeit und zu  $x^{2/3}$  ( $x$  = Entfernung vom Diffusor). Ferner sind Obergrenzen für  $\Delta h_{th}$  zu beachten. Darüber hinaus ist nach der jeweiligen Höhe des Wärmestroms zu differenzieren. Es wurde konservativ eine Austrittstemperatur der Abwetter von 30 °C angesetzt, obwohl Messungen Abwettertemperaturen bis zu 35 °C ergeben haben.

	Aufpunkt		$\bar{\chi}$ (ganzes Jahr) in $s/m^3$	$\bar{\chi}$ (Sommerhalbjahr) in $s/m^3$
	mit Überhöhung (dieser Bericht)	ost	$r = 410 \text{ m}$	2,2E-07
nord		$r = 50 \text{ m}$	2,0E-08	1,9E-08
ohne Überhöhung	ost/nordost	$r = 200 \text{ m}$	1,7E-06	2,2E-06
	nord	$r = 50 \text{ m}$	2,7E-06	3,2E-06

**Tabelle ET-4**

Vergleich der Langzeit-Ausbreitungsfaktoren mit und ohne Überhöhungseffekten.

### Mechanische Kaminüberhöhung

Zur Berechnung der mechanischen Kaminüberhöhung  $\Delta h_{mech}$  liefert die AVV ebenfalls keine Berechnungsvorschrift. Es wurde das häufig verwendete Verfahren nach Briggs [2] gewählt, bei dem  $\Delta h_{mech}$  proportional  $x^{1/3}$  und für die häufigsten Windgeschwindigkeiten proportional dem Ausdruck  $(D \cdot v_o / u)^{2/3}$  ist.

D: Austrittsdurchmesser (6,2 m)

$v_o$ : Austrittsgeschwindigkeit (8,6 m/s)

u: Windgeschwindigkeit aus meteorologischen Daten mit Umrechnung auf effektive Emissionshöhe

x: Quellenentfernung

Ferner ist für jede Windgeschwindigkeit  $\Delta h_{mech}$  nach oben begrenzt.

### Ergebnisse

#### Kaminüberhöhungen:

Es ergeben sich Überhöhungen bis zu etwa 400 m, wobei in 99,5 % aller betrachteten Wetter-Datensätze die thermische Überhöhung überwiegt (vgl. **Abbildung ET-4**). Sie ist im Mittel um etwa den Faktor 4,4 größer als die mechanische Überhöhung. Bei der Berechnung der Langzeit-Ausbreitungs- und Fallout-Faktoren gemäß der AVV wurde für jede Wettersituation jeweils der größere der beiden Werte für thermische und mechanische Überhöhung verwendet. Da in der Realität eine Überlagerung beider Überhöhungseffekte zu einer insgesamt größeren Überhöhung führt, ist diese Vorgehensweise konservativ.

#### Langzeit-Ausbreitungsfaktoren und Langzeit-Fallout-Faktoren:

Die größten Werte ergeben sich in Hauptausbreitungsrichtung (Ost) in etwa 400 m Abstand von der Wetteraustrittsstelle (Förderturm). Der Vergleich mit früheren Rechnungen (Konrad-Datenbasis 1986–1992) ohne Berücksichtigung von Überhöhungseffekten ist in **Tabelle ET-4** dargestellt. Danach liegt der größte Wert des Langzeit-Ausbreitungs- bzw. Fallout-Faktors (ganzes Jahr, Sommerhalbjahr) um etwa den Faktor 8 niedriger als ohne Berücksichtigung einer Überhöhung. In der Ausbreitungsrichtung Nord, in welcher das Maximum der Langzeitfaktoren ohne Berücksichtigung einer Überhöhung liegt, wird sogar ein Faktor von ca. 135 (Ganzjahr) bzw. ca. 170 (Sommerhalbjahr) wirksam, weil der Gebäudeeinfluß Förderturm entfällt.

#### Langzeit-Washout-Faktor:

Erwartungsgemäß hat die Berücksichtigung der Kaminüberhöhung praktisch keinen Einfluß auf den Langzeit-Washout-Faktor.

### Bedeutung für die potentielle Strahlenexposition

Die potentielle Strahlenexposition infolge betriebsbedingter Ableitungen (Antragswerte bzw. genehmigte Werte) wird im wesentlichen durch die Radionuklide C-14 und Rn-222 bestimmt. Entsprechend den Berechnungsformeln der AVV sind diese Strahlenexpositionen proportional den Langzeit-Ausbreitungsfaktoren (Sommerhalbjahr bzw. Ganzjahr). Strahlenexpositionen, in denen der Washout-Faktor oder

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

Fallout-Faktor in die Berechnung eingeht, sind demgegenüber von untergeordneter Bedeutung. Im Planfeststellungsverfahren wurden, da die Wetterstatistik der Station Konrad noch nicht zur Verfügung stand, zur Berechnung der Strahlenexpositionen noch die Statistiken der Wetterstation Braunschweig-Völkenrode ohne Berücksichtigung einer Überhöhung verwendet. Sie lieferte Werte für den Langzeit-Ausbreitungsfaktor von  $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ s/m}^3$  (Ganzjahr) bzw.  $5,0 \cdot 10^{-6} \text{ s/m}^3$  (Sommerhalbjahr), d. h. um ca. den Faktor 20 höhere Wert als vorliegende Arbeit. Dementsprechend reduzieren sich auch die potentiellen Strahlenexpositionen bei „realistischer Berechnung“ um etwa den Faktor 20. Dadurch werden die enormen sicherheitstechnischen „Reserven“ aufgezeigt, die das Endlager Konrad aufweist.

- [1] Ehrlich, D.; Theis, P. Überprüfung der Wetterdaten Konrad auf zeitliche Kontinuität, Vollständigkeit und Konsistenz. BfS-Jahresbericht 1996, S.251
- [2] Briggs, G. A. Plume rise and buoyancy effects. In: Randerson, D. (Hrsg.) Atmospheric Science and Power Production. Office of Scientific and Technical Information, United States Department of Energy, 1984

### **Prüfung und Bewertung einer möglichen Verschmutzung des Grundwassers durch bestimmte gefährliche Stoffe**

P. Brennecke

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für die Schachanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung ist von der Planfeststellungsbehörde eine Aussage zur möglichen Verschmutzung des Grundwassers durch die in der Anlage zur Grundwasserverordnung in den Listen

I und II genannten Stoffe gefordert worden.

Diese Prüfung und Bewertung einer möglichen Verschmutzung des Grundwassers durch organische und anorganische Stoffe ist mit Hilfe von sehr konservativen Modellbetrachtungen durchgeführt worden. Hierzu wurde insbesondere auf die ermittelten Inventare organischer und anorganischer nichtradioaktiver Bestandteile der radioaktiven Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung zurückgegriffen (Abfall, Fixierungsmittel, Abfallbehälter). Angaben zu Menge und radioaktivem Inventar der radioaktiven Abfälle, deren Endlagerung in der Schachanlage Konrad vorgesehen ist, wurden ergänzend herangezogen. Bei der Beurteilung der Inventare organischer chemotoxischer Stoffe wurde festgestellt, daß diese Stoffe unter den Bedingungen der Endlagerung am Standort Konrad bei einem Zutritt von Tiefenwässern in der Nachbetriebsphase bei den langen Transferzeiten von mindestens 300.000 Jahren bis zum Eintritt in die Biosphäre nicht stabil sind. Da organische Stoffe durch chemische und strahlenchemische Reaktionen in sehr viel kürzerer Zeit abgebaut werden als ein Transport auf dem Wasserpfad von den Einlagerungshorizonten bis zur Biosphäre benötigen würde, konzentrierten sich die weiteren Untersuchungen auf anorganische Stoffe. Hier ist gezeigt worden, daß unter den getroffenen Annahmen und Randbedingungen – insbesondere im Hinblick darauf, daß keine Barriereigenschaften des Gebirges in Ansatz gebracht wurden mit der Ausnahme des Verdünnungsfaktors  $10^{-4}$  – die Prüfwerte der Empfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) wie auch die Grenzkonzentrationen der Trinkwasserverordnung bzw. des Regelwerks des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern e. V. um z. T. mehrere Größenordnungen unterschritten werden. Dies gilt nicht nur für die in den Empfehlungen der LAWA genannten bestimmten gefährlichen Stoffe, sondern darüber hinaus auch für zahlreiche andere in Plausibilitätsbetrachtungen zur Chemotoxizität radio-

aktiver Abfälle, in der Trinkwasserverordnung wie auch in Analysen des oberflächennahen Grundwassers genannten Elemente und anorganischen Verbindungen.

Bei Berücksichtigung des gewählten Ansatzes, eine weit auf der sicheren Seite liegende Modellbetrachtung durchzuführen, bei der

- lediglich von dem Verdünnungsfaktor  $10^{-4}$  Kredit genommen wird,
- jegliche Barrierewirkung der geologischen Formation (einschließlich von Sorptionsvorgängen und der Filterwirkung der Gesteine) vernachlässigt wird,
- das sehr weit in den alkalischen Bereich verschobene chemische Milieu (einschließlich der Herabsetzung von Löslichkeiten, von Fällungs- und Flokkungsreaktionen sowie von Wechselwirkungen der gelösten Stoffe) nicht berücksichtigt wird,

muß davon ausgegangen werden, daß sich in Wirklichkeit weitaus kleinere Konzentrationen der o. a. untersuchten Elemente und anorganischen Verbindungen im oberflächennahen Grundwasser einstellen werden. Dies unterstreicht den abdeckenden Charakter der durchgeführten Betrachtungen.

Mit Hilfe der durchgeführten Modellbetrachtungen konnte gezeigt werden, daß die im Anhang der Grundwasserverordnung genannten Stoffe sowie in weiteren Unterlagen angegebene Elemente und anorganische Verbindungen nur in so geringer Menge und Konzentration ins Grundwasser gelangen, daß eine Gefahr der Grundwasserbeeinträchtigung nicht zu besorgen ist. Dies bedeutet, daß mit der beabsichtigten Endlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung in der Schachanlage Konrad keine Einwirkungen verbunden sind, die schädliche Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Grundwassers herbeiführen.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Endlagerungsbedingungen für das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM)

W. Noack, K. Kugel, P. Brennecke

Für das ERAM gelten die fortgeschriebenen Endlagerungsbedingungen, die mit der Unterlage „Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM), Teil I: Endlagerungsbedingungen, Stand: August 1996, ET-IB-85, Salzgitter, August 1996“ herausgegeben wurden. Zwischenzeitlich erfolgten auf der Grundlage abgeschlossener Änderungsverfahren und aufgehobener Selbstbeschränkungen Ergänzungen der Endlagerungsbedingungen, die durch entsprechende Schreiben Bundesministerien, Länderbehörden und Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen mitgeteilt wurden.

Die Ergänzungen hatten folgenden Inhalt:

- Der Vorbehalt zur Anlieferung der in Betonbehältern verpackten Abfälle, der in den fortgeschriebenen Endlagerungsbedingungen mit Stand vom August 1996 enthalten war, wurde aufgehoben.
- Für die in 200-l-Fässern verpackten Abfälle der Strahlenschutzgruppe S3, die in Faßcontainern vom Typ FC 75 angeliefert werden, wurde die Massenbegrenzung auf 580 kg erweitert.
- Der Vorbehalt zur Anlieferung der in Primärcontainern der Typen PC 120/2 und PC 120/4 verpackten Abfälle der Abfallart A1/Strahlenschutzgruppen S3 und S4, der bei der Herausgabe der fortgeschriebenen Endlagerungsbedingungen mit Stand vom August 1996 mitgeteilt worden war, entfiel.
- Die Einschränkung, daß Fässer mit einem Bruttovolumen von 600 l nur als Überverpackung für 400-l-Fässer verwendet werden dürfen, wurde aufgehoben. Nunmehr können diese Fässer unter Ausnutzung ihres gesamten Innenvolumens mit radioaktiven Abfällen befüllt und als Abfallgebände in den

Strahlenschutzgruppen S1 und S2 angeliefert werden.

- Zusätzlich zu den bislang verwendbaren Typen von Faßcontainern für in 200-l-Fässern verpackte Abfälle der Strahlenschutzgruppe S3 steht der Faßcontainer des Typs FC 75 M zur Verfügung. Dieser wiederverwendbare Behälter besitzt gegenüber dem Typ FC 75 bei sonstiger Baugleichheit eine erweiterte Höhe des Innenraumes. Die Massenbegrenzung für die in den Faßcontainern vom Typ FC 75 M verpackten Fässer beträgt 550 kg.
- Für die bestehenden Faßcontainer der Typen FC 40, FC 70 und FC 100 wurden modifizierte Ausführungen der Faßgreifer eingeführt, die das Einstellen von 200-l-Fässern mit Flanschringdeckeln ermöglichen. Bei Verwendung des modifizierten Faßgreifers beträgt die Massenbegrenzung für die 200-l-Fässer 650 kg.
- In Bezug auf die Verpackungen für die Abfälle der Abfallart A1 der Strahlenschutzgruppen S3 und S4 wurde die Möglichkeit eröffnet, daß die Primärcontainer vom Typ PC 120/4 für Fässer mit Volumina von 200 l bis 400 l verwendet werden können.

### Übersicht über die im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) im Jahr 1997 eingelagerten radioaktiven Abfälle

K. Kugel, S. Steyer, P. Brennecke

Im Zeitraum vom 1. Januar bis zum 31. Dezember 1997 wurden im ERAM insgesamt 24.175 Abfallgebände, entsprechend ca. 6081 m<sup>3</sup> feste radioaktive Abfälle der Abfallart A1 eingelagert. Bei den eingelagerten Abfallgebänden der Abfallart A1 handelte es sich um 19.084 Stück 200-l-Fässer, 2830 Stück 280-l-Fässer, 1610 Stück 400-l-Fässer sowie um 651 Betonbehälter vom Typ I und II. Im Jahr 1997 wurden 18 umschlossene Strahlenquellen der Abfallart A3 eingelagert.

Von den 1997 eingelagerten radioaktiven Abfällen stammten 5217 m<sup>3</sup> (ca. 86 %) aus dem Bereich der Kernkraftwerke (KKW), 106 m<sup>3</sup> (ca. 2 %) aus dem Bereich der Landessammelstellen und ca. 759 m<sup>3</sup> (ca. 12 %) aus dem Bereich der sonstigen Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen.

Die Abfälle aus dem KKW-Bereich stammten aus 20 verschiedenen Kernkraftwerken sowie von der GNS mbH. Die Abfälle aus dem Bereich der Landessammelstellen, Forschungseinrichtungen und sonstigen Abfalllieferer stammten aus 9 verschiedenen kerntechnischen Einrichtungen, davon 2 Landessammelstellen.

Bei den KKW-Abfällen handelte es sich im wesentlichen um Mischabfälle, um hochdruckverpreßte Abfälle sowie um zementierte Verdampferkonzentrate und Harze. Bei den Abfällen aus dem Bereich der übrigen Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen handelte es sich um Bauschutt, Mischabfälle sowie um zementierte Abfälle, kompaktierte Abfälle oder um Strahlenquellen.

Von den 1997 eingelagerten festen Abfällen der Abfallart A1 gehörten ca. 82 % der Strahlenschutzgruppe S1, ca. 16 % der Strahlenschutzgruppe S2 und ca. 2 % der Strahlenschutzgruppe S3 an.

Vom 1. Januar bis zum 31. Dezember 1997 wurden folgende Aktivitäten in das ERAM eingelagert:

Gesamtaktivität der Beta-/Gammastrahler: 1,9E+13 Bq

Gesamtaktivität der Alphastrahler: 2,9E+10 Bq

Etwa 96 % des 1997 eingelagerten Abfallvolumens wurden in Stapeltechnik im Westfeld 2 und im Ostfeld des ERAM entsorgt. Es wurden ausschließlich feste Abfälle der Abfallart A1 der Strahlenschutzgruppen S1 und S2 gestapelt. Etwa 4 % des Abfallvolumens wurden im Südfeld verstürzt. Es handelte sich hierbei ausschließlich um in Fässer verpackte feste Abfälle, die den Strahlenschutzgruppen S1, S2 und S3 zugeordnet worden sind. Es wurde ein 200-l-Faß mit Abfall der Strahlenschutzgruppe S4 verstürzt.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

Die monatliche Einlagerung radioaktiver Abfälle steigerte sich von durchschnittlich 455 m<sup>3</sup> im Jahr 1996 auf durchschnittlich 507 m<sup>3</sup> 1997.

Damit wurden seit der Wiederaufnahme des Einlagerungsbetriebes am 13. Januar 1994 insgesamt 17.243 m<sup>3</sup> radioaktive Abfälle eingelagert. Aus dem Bereich der Kernkraftwerke, die in den alten Bundesländern betrieben werden, wurden 10.823 m<sup>3</sup>, aus dem Bereich der EWN GmbH 4410 m<sup>3</sup> sowie aus dem Bereich der Landessammelstellen, Forschungseinrichtungen und sonstiger Ablieferungspflichtiger 2010 m<sup>3</sup> eingelagert.

Die seit diesem Zeitpunkt eingebrachte Gesamtaktivität beträgt ca. 5,8E+13 Bq, wovon ca. 6,0E+10 Bq auf die Aktivität von Alphastrahlern entfallen. Wesentliche radionuklidspezifische Aktivitätsbeiträge zu der seit Januar 1994 eingelagerten Gesamtaktivität lieferten die folgenden deklaratationspflichtigen Radionuklide:

#### Alphastrahler:

Am-241:	2,6E+10 Bq
Cm-244:	8,2E+09 Bq
Pu-240:	6,4E+09 Bq
Pu-239:	5,3E+09 Bq

#### Beta-/Gammastrahler:

Cs-137:	2,5E+13 Bq
Co-60:	1,0E+13 Bq
Ni-63:	4,1E+12 Bq
Sr-90:	2,6E+12 Bq
H-3:	1,2E+12 Bq

### **Langzeit-Ausbreitungs- und -Ablagerungsfaktoren unter Berücksichtigung der Orografie und der thermischen und mechanischen Kaminüberhöhung auf der Basis der Wetterdaten für 1995 vom Standort des ERAM**

Auftragnehmer:

*Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln*

Projektleitung BfS: *D. Ehrlich*

#### Einleitung

Um möglichst realitätsnahe Aussagen zur potentiellen Strahlenexposition in der Umgebung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) infolge betriebsbedingter Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwetterstrom zu erhalten, wurde zur Ermittlung der Langzeit-Ausbreitungs- und -Ablagerungsfaktoren im Gegensatz zu früheren Rechnungen, welchen eine langfristige Wetterstatistik der Wetterstation Braunschweig-Völkenrode zugrunde lag, auf die Wetterdaten der Station am ERAM selbst zurückgegriffen. Diese Daten umfassen neben 10-Minuten-Werten der Meßgrößen Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Regenintensität und Wetterkategorie auch 10-Minuten-Werte der Lufttemperatur (vgl. [1]). Dadurch ist es möglich, wie beim geplanten Endlager Konrad (vgl. „Langzeit-Ausbreitungs- und -Ablagerungsfaktoren unter Berücksichtigung der thermischen und mechanischen Kaminüberhöhung auf der Basis der Wetterdaten 1986–1993 vom Standort Konrad“) außer der mechanischen auch die thermische Kaminüberhöhung zu berücksichtigen.

#### Meteorologische Datenbasis

Die Wetterdaten des Jahres 1995 wurden analog dem Vorgehen bei Konrad (vgl. [2]) umfangreichen Konsistenz- und Plausibilitätsuntersuchungen sowie statistischen Auswertungen bezüglich ihrer Repräsentativität unterzogen. Dabei stellte

sich heraus, daß die Daten in sehr hoher Verfügbarkeit und Qualität vorliegen.

Durch Vergleich mit der meteorologischen Datenbasis der Station Konrad für den Zeitraum 1986–1993 konnte zudem gezeigt werden, daß das Jahr 1995 hinsichtlich der für die Ausbreitungsrechnungen relevanten Parameter ein durchschnittliches Jahr war und somit für einen längeren Zeitraum als repräsentativ angesehen werden kann.

Auf der Basis der untersuchten 10-Minuten-Mittelwerte der Meßgrößen Temperatur, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Regenintensität und Wetterkategorie wurden Stundenmittelwerte berechnet.

Die Gesamtdatenmenge lag nach Aussortierung der Fehlstellen und unplausiblen Daten bei 8722 Stundenmittelwerten, entsprechend einer Verfügbarkeit von etwa 99,6 %. Die 36-teilige Windrichtungsverteilung des Jahres 1995 für den Standort Morsleben weist eine Haupt- und eine Nebenwindrichtung (West und Südost) auf, wobei die westlichen Winde wesentlich häufiger vorkommen.

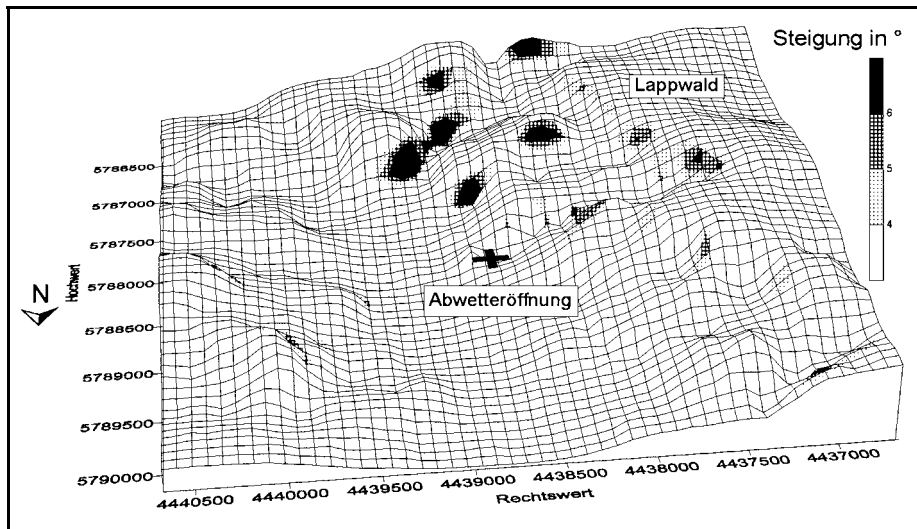
#### Kaminüberhöhungen

Mit demselben Verfahren wie im vorstehenden Beitrag für Konrad dargestellt, wurden die thermischen und mechanischen Kaminüberhöhungen für jeden Stunden-Datensatz ermittelt. Verglichen mit Konrad beträgt die Abwettertemperatur wegen der geringeren Teufe des ERAM nur ca. 20 °C (Konrad 30 °C), was entsprechend niedrigere thermische Überhöhungen zur Folge hat. Die Austrittsgeschwindigkeit der Abwetter liegt mit 7,6 m/s nur geringfügig niedriger als in Konrad (8,6 m/s). Da jedoch der Austrittsdurchmesser mit 2 m gegenüber Konrad mit 6,2 m um mehr als den Faktor 3 niedriger ist, resultieren ebenfalls niedrigere mechanische Kaminüberhöhungen.

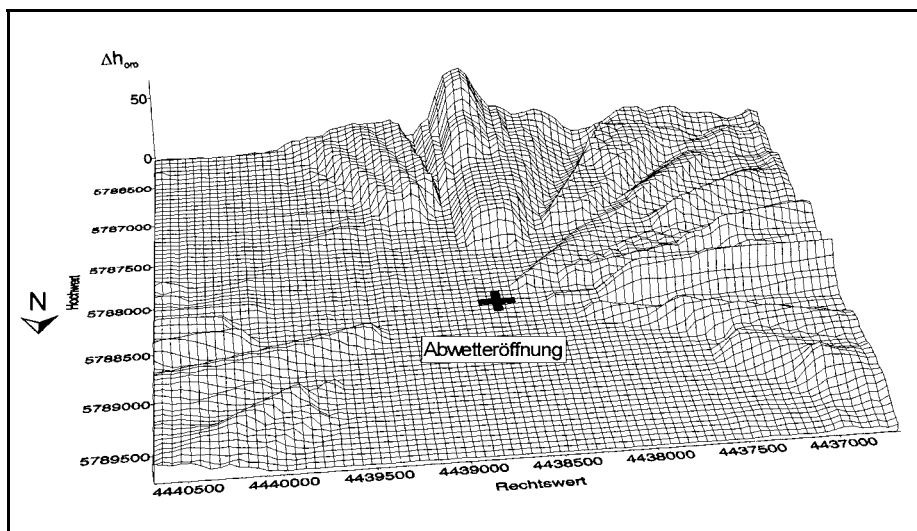
Für die Berechnung der gesamten Kaminüberhöhung wurde wie bei Konrad die jeweils größere der beiden Überhöhungen gewählt und in die Berechnung der Ausbreitungsfaktoren einbezogen. Diese Vorgehensweise ist wegen der in Wirklichkeit

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte



**Abbildung ET-5:**  
Geländesteigungen in Morsleben aus der Sicht der Abwetteröffnung.



**Abbildung ET-6:**  
Korrektur der effektiven Emissionshöhe durch orografischen Einfluß.

$\bar{\chi}$ in $\text{s/m}^3$	Entfernung	Ausbreitungsrichtung	
1,4E-06	220 m	Ost/Südost (115°)	ganzes Jahr
9,4E-07	200 m	Nordwest (305°)	
2,0E-06	200 m	Ost/Südost (120°)	Sommerhalbjahr
1,5E-06	130 m	Nordwest (305°)	

**Tabelle ET-5:**  
Lage der Maxima der Langzeit-Ausbreitungsfaktoren in der Haupt- und Neben-Ausbreitungsrichtung.

auftretenden Superposition der beiden Überhöhungen konservativ.

### Orographischer Einfluß

Nach der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV“ (AVV) muß der Einfluß der Orografie ab Geländesteigungen von 5° in die Ausbreitungsrechnung mit einbezogen werden. Das dort angegebene Verfahren besteht aus einer Absenkung der Fahnenachse bis zur halben effektiven Emissionshöhe für labile und neutrale Schichtungsverhältnisse (Diffusionskategorie A bis D) bzw. bis zur vollen effektiven Emissionshöhe für stabile Schichtungsverhältnisse (Diffusionskategorien E und F). Dieses Modell ist aber nur in der Lage, ein Geländehindernis pro Ausbreitungsrichtung zu berücksichtigen. Dies würde zu einem unrealistisch großen Abheben der Fahne hinter dem Geländehindernis führen. Für die vorliegenden Rechnungen wurde dieses Modell so modifiziert, daß realistische Geländeformen mit der für Morsleben typischen orografischen Strukturierung berücksichtigt werden konnten.

Auf der Basis von Topografiedaten des Katasters für die Bundesrepublik Deutschland der technischen Hochschule in Darmstadt wurden die radialen Geländesteigungen für alle Ausbreitungsrichtungen in einer Geländeauflösung von etwa 120 m und einer Winkelauflösung von 1° berechnet. **Abbildung ET-5** zeigt die berechneten Geländesteigungen in Morsleben aus Sicht der Abwetteröffnung. Die größten Geländesteigungen von teilweise bis 9° liegen hauptsächlich südlich der Schachanlage Bartensleben.

Die ortsabhängige Korrektur der effektiven Emissionshöhe durch den orografischen Einfluß  $\Delta h_{oro}$  ist in **Abbildung ET-6** dargestellt. Maximalwerte von bis zu 65 m liegen im Süden der Schachanlage in etwa 2 km Entfernung.

### Ergebnisse

Die Langzeit-Ausbreitungsfaktoren wurden gemäß den Regelungen der AVV berechnet.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

Die Lage der Maxima ist aus **Tabelle ET-5** zu ersehen. Die ungünstigsten Aufpunkte für die Inhalation ergeben sich in der Haupt- und Neben-Ausbreitungsrichtung in etwa 130 m bis 220 m Entfernung von der Austrittsöffnung.

Der Vergleich mit dem Ausbreitungsfaktor für Konrad (vgl. „Langzeit-Ausbreitungs- und -Ablagerungsfaktoren unter Berücksichtigung der thermischen und mechanischen Kaminüberhöhung auf der Basis der Wetterdaten 1986–1993 vom Standort Konrad“) zeigt, daß trotz gleicher geometrischer Höhe des Emittenten die Ausbreitungsverhältnisse beim ERAM ungünstiger sind. Der ungünstigste Ausbreitungsfaktor liegt in Hauptausbreitungsrichtung statt in 400 m in nur etwa 200 m Entfernung und ist um den Faktor 6 größer. Das ist im wesentlichen nicht in der etwas unterschiedlichen Wetterstatistik, sondern in der geringeren Kaminüberhöhung sowie in den orografischen Verhältnissen beim ERAM begründet.

Der ungünstigste Wert des Langzeit-Washout-Faktors ist für das ERAM um etwa den Faktor 5 geringer als für Konrad. Das wiederum ist im wesentlichen ebenfalls nicht in der etwas unterschiedlichen Wetterstatistik, sondern darin begründet, daß der Anlagenzaun beim ERAM in größerem Abstand vom Emittenten verläuft als bei Konrad.

### Bedeutung für die potentielle Strahlenexposition

Da wie bei Konrad die wesentlichen Beiträge aus der Emission von C-14 und Rn-222 einschließlich seiner Folgeprodukte resultieren, spielt die Höhe des Washout-Faktors eine untergeordnete Rolle. Gegenüber früheren Ausbreitungsrechnungen, welche mangels standortspezifischer Daten mit modifizierten abdeckenden Wetterstatistiken von Braunschweig-Völkenrode sowie ohne Berücksichtigung von Überhöhungseffekten durchgeführt wurden, ergeben sich mit den hiermit erstmals möglichst realitätsnah durchgeführten Rechnungen Verringerungen der potentiellen Strahlenexposition um Faktoren bis zu etwa 10. Für die potentielle effektive Dosis infolge der tatsächlichen Ableitungen des ERAM

ergibt sich am ungünstigsten Aufpunkt ein Wert von weniger als  $1 \mu\text{Sv/a}$ .

- [1] Ehrlich, D.; Kunze, V.; Theis, P.  
Errichtung und Inbetriebnahme einer meteorologischen Station am Standort des ERAM.  
BfS-Jahresbericht 1995, S.292
- [2] Ehrlich, D.; Theis, P.  
Überprüfung der Wetterdaten Konrad auf zeitliche Kontinuität, Vollständigkeit und Konsistenz.  
BfS-Jahresbericht 1996, S.251

---

### Meteorologische Ausbreitungs-klassenstatistik für den Standort des ERAM auf der Basis der ERAM-Wetterdaten für 1995 sowie von langfristigen Wetterdaten benachbarter Stationen – Langzeit-Ausbreitungs- und -Ablagerungsfaktoren

---

Auftragnehmer:  
Deutscher Wetterdienst, Offenbach, und  
Technischer Überwachungsverein Nord e. V., Hamburg

Projektleitung BfS: D. Ehrlich, P. Theis

Der Deutsche Wetterdienst Offenbach (DWD) wurde beauftragt, eine für statistische Aussagen für den Standort des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) geeignete dreiparametrische Häufigkeitsverteilung der Wettersituationen mit den Parametern Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Diffusionskategorie (Klug/Manier) nach einem von ihm praktizierten Verfahren aus Kurzzeitdaten des Standortes des ERAM und Langzeitdaten benachbarter Standorte zu erzeugen. Eine solche Vorgehensweise ist im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens „Stille-gung des ERAM“ zunächst hilfswise erforderlich, da am Standort ERAM Wetterdaten erst seit Februar 1995 erhoben wurden.

Als benachbarte Station wurde vom DWD die DWD-Station Braunschweig-Völkenrode gewählt und Daten des Zeitraums 1951–1995 verwendet. Vom Standort des

ERAM standen Daten von Februar 1995 bis Januar 1996 zur Verfügung (vgl. „Langzeit-Ausbreitungs- und -Ablagerungsfaktoren unter Berücksichtigung der Orografie und der thermischen und mechanischen Kaminüberhöhung auf der Basis der Wetterdaten für 1995 vom Standort des ERAM“).

In der **Abbildung ET-7** sind als 30°-Sektor-Darstellungen die beiden Winrichtungsverteilungen

- vom DWD erzeugte Langzeit-Windrose („DWD“) und
- aus dem Meßzeitraum 02/1995 bis 01/1996 am ERAM resultierende Windrose („ERAM 95“)

gegenübergestellt.

Man erkennt eine relativ gute Übereinstimmung: Die Hauptwindrichtung ist in beiden Fällen SSW bis W ( $225^\circ$  bis  $285^\circ$ ), die Nebenwindrichtung ist in beiden Fällen OSO bis SSO ( $95^\circ$  bis  $175^\circ$ ). Die Häufigkeit für die Hauptwindrichtung ist mit 27,5 % in „ERAM 95“ um ca. 5 % geringer als in „DWD“, dafür tritt die Nebenwindrichtung mit 20,5 % in „ERAM 97“ um ca. 3 % häufiger auf als in „DWD“.

Die übrigen Windrichtungen stimmen in beiden Fällen nahezu überein. Damit ist der im Beitrag „Langzeit-Ausbreitungs- und -Ablagerungsfaktoren unter Berücksichtigung der Orografie und der thermischen und mechanischen Kaminüberhöhung auf der Basis der Wetterdaten für 1995 vom Standort des ERAM“ angesprochene Befund des für Ausbreitungsrechnungen für einen längeren Zeitraum zufällig repräsentativen Jahres 1995 auch vom DWD (hier für die Windrose) gezeigt.

Vom TÜV Nord wurden mit der vom DWD erzeugten dreiparametrischen Häufigkeitsverteilung die Langzeit-Ausbreitungs- und -Fallout-Faktoren nach der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV“ (AVV) berechnet. Wie in dem oben zitierten Beitrag wurden der Einfluß des 45 m hohen Förderturms und der Orografie, nicht dagegen Effekte durch eine Kaminüberhöhung berücksichtigt.

Der höchste Wert des Langzeit-Ausbreitungsfaktors tritt in der Hauptausbrei-



# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

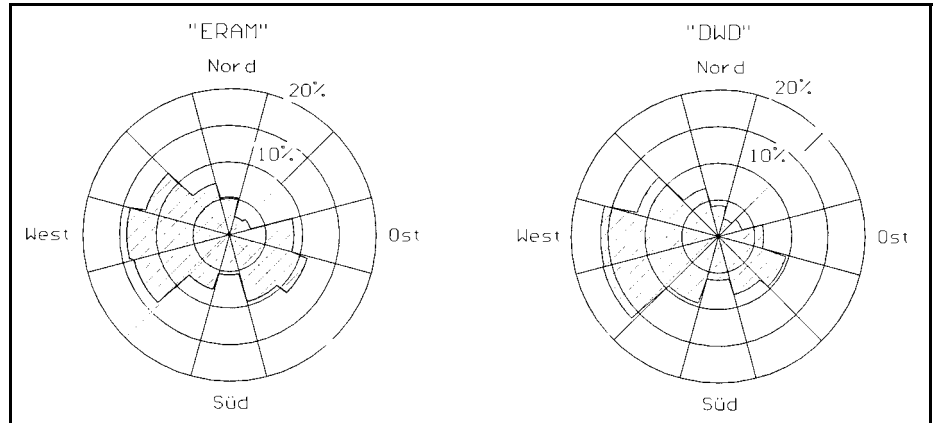
## Wissenschaftliche Kurzberichte

tungsrichtung (NNO bis O) auf. Den Vergleich mit früher berechneten Werten, denen eine konservativ modifizierte Windrichtungs-Häufigkeitsverteilung der Station Braunschweig-Völkenrode zugrunde lag, um mögliche Einflüsse des Allertals zu berücksichtigen [1], zeigt **Tabelle ET-6**.

Danach wird deutlich, daß die in [1] vorgenommenen Modifizierungen zu einer Überschätzung der Ausbreitungsfaktoren um etwa einen Faktor 4 geführt hatten.

Der Vergleich mit den in vorstehendem Beitrag ermittelten Langzeit-Ausbreitungsfaktoren unter zusätzlicher Berücksichtigung von Überhöhungseffekten macht deutlich, daß infolge Nichtberücksichtigung von Überhöhungseffekten eine weitere Überschätzung um den Faktor 3 (Ganzjahr) bzw. 2,5 (Sommerhalbjahr) vorliegt.

[1] *Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH*  
Sicherheitsanalyse des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM).  
GRS-79, März 1991



**Abbildung ET-7:**  
Vergleich der Langzeitwindrose des DWD mit der ERAM-Windrose von 1995.

	Zeitraum	$\bar{\chi}$ in s/m <sup>3</sup>	Entfernung	Ausbreitungsrichtung
Wetterstatistik des DWD (dieser Bericht)	ganzes Jahr	4,5E-06	240 m	45° bis 75°
	Sommerhalbjahr	5,0E-06		
GRS-Sicherheitsanalyse [1]	ganzes Jahr	1,6E-05	ca. 230 m	Ost (90°)
	Sommerhalbjahr	2,0E-05		

**Tabelle ET-6**  
Vergleich der Langzeitausbreitungsfaktoren.

### **Probabilistische Kurzzeit-Ausbreitungsrechnungen gemäß den Vorschriften der Störfallberechnungsgrundlagen (SBG) unter Berücksichtigung der Orografie und der thermischen und mechanischen Kaminüberhöhung auf der Basis der Wetterdaten für 1995 vom Standort des ERAM**

Auftragnehmer:  
*Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln*

Projektleitung BfS: *D. Ehrlich*

#### Einleitung

Bei Endlagerstätten für radioaktive Abfälle sind Begrenzungskriterien für die zulässigen

Aktivitätsinventare in Abfallgebinden eingeführt, die so festgelegt sind, daß bei den zu unterstellenden Störfällen im Endlager mit möglicher Aktivitätsfreisetzung die Planungsrichtwerte des § 28 Abs. 3 Strahlenschutzverordnung für die potentielle Strahlenexposition von Personen in der Umgebung der Anlage eingehalten werden. Die Vorgehensweise bei der Ableitung der entsprechenden radionuklid-spezifischen Aktivitäts- bzw. Aktivitätskonzentrationsgrenzwerte beruht auf einer deterministischen Berechnung potentieller Strahlenexpositionen, basierend auf den Modellen der Störfallberechnungsgrundlagen [1], bei denen bezüglich einer Reihe von Einflußgrößen jeweils ungünstige Bedingungen unterstellt werden. Hierzu zählen insbesondere:

- Die störfallbedingt auftretende Behälterbelastung,
- die Mechanismen des Behälterversagens,

- die Anzahl der betroffenen Abfallgebinde,
- das Ausmaß der Freisetzung nach Behälterversagen,
- wirksame Rückhalteprozesse in der Anlage,
- die Ausbreitungsbedingungen in der Atmosphäre und
- die Realisierung der angenommenen Expositionspfade aufgrund von Verhaltensweisen der exponierten Personen und der Landnutzung.

Durch diese Verkettung konservativer Annahmen ist bei einem Störfall die Wahrscheinlichkeit außerordentlich gering, daß tatsächlich eine Person in der Umgebung der Anlage eine Strahlenexposition in dem so berechneten Umfang erleidet.

Am Beispiel des geplanten Endlagers Konrad wurde bereits früher [2] gezeigt, daß durch eine ergänzende probabilisti-

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

sche Betrachtung das Maß an Konservativität, welches die deterministische Vorgehensweise allein schon in Bezug auf die Ausbreitungsbedingungen nach störfallbedingter Freisetzung beinhaltet, verdeutlicht werden kann. Bei der probabilistischen Vorgehensweise werden Ausbreitungs- bzw. Dosisberechnungen für eine Vielzahl von Ausbreitungssituationen durchgeführt, die aufgrund der vorliegenden meteorologischen Daten am Standort vorkommen können. Werden die Ergebnisse dieser Einzelrechnungen mit der Häufigkeit der jeweiligen Ausbreitungssituation gewichtet, erhält man eine Wahrscheinlichkeitsverteilung über die Höhe maximaler potentieller Strahlenexpositionen. Nimmt man als Referenzwert für die zu erwartende Strahlenexposition zum Beispiel den Wert, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % nicht überschritten wird, so ist damit ein hoher Abdeckungsgrad erreicht.

Eine entsprechende probabilistische Analyse wurde jetzt auch für das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben durchgeführt. Dabei wurden anhand des radiologisch repräsentativen Störfalls „Brand eines Transportfahrzeugs unter Tage“ exemplarisch die zwei Radionuklide Cs-137 und Pu-239 betrachtet. Rückschlüsse auf andere Radionuklide sind möglich. Gegenüber der Vorgehensweise bei der probabilistischen Analyse für das geplante Endlager Konrad ergaben sich aufgrund standortspezifischer Gegebenheiten bei der Analyse für das ERAM eine Reihe von Besonderheiten, auf die nachfolgend im einzelnen eingegangen wird.

### Meteorologische Datenbasis

Es stand wie bei den Langzeit-Ausbreitungsrechnungen die Datenbasis der Wetterstation ERAM von Februar 1995 bis Januar 1996 zur Verfügung (vgl. Kurzbericht „Langzeit-Ausbreitungs- und Ablagerungsfaktoren – ERAM“). Es wurde gezeigt, daß das Jahr 1995 hinsichtlich der für die Ausbreitungsrechnungen relevanten Parameter ein durchschnittliches Jahr war.

In Abweichung zum Vorgehen bei den Langzeit-Ausbreitungsrechnungen wurde

der Tatsache Rechnung getragen, daß das unterstellte Störfallszenarium nur während des laufenden Einlagerungsbetriebs denkbar ist. Daher wurden nur die Datensätze herangezogen, welche in die üblichen Schichtzeiten mit Einlagerungsbetrieb (6:00 Uhr bis 14:00 Uhr) fallen. Damit waren insgesamt 2902 meteorologische Datensätze verfügbar.

### Ausbreitungsrechnung

Die Ausbreitungsrechnungen erfolgten wie bei Konrad [2] auf der Basis der Störfallberechnungsgrundlagen, das heißt unter Verwendung des Gauß-Ausbreitungsmodells. Dabei brauchte aufgrund der angenommenen kurzen Freisetzungsdauer unter 1 Stunde bei den diskutierten Störfällen eine wesentliche Änderung der meteorologischen Bedingungen während der Freisetzung nicht unterstellt zu werden. Die thermische Überhöhung der Abluftfahne sowie die Überhöhung durch den Austrittsimpuls der Abluftfahne wurden wie bei den Langzeit-Ausbreitungsrechnungen berücksichtigt.

### Orografischer Einfluß

In Übereinstimmung mit den Störfallberechnungsgrundlagen (SBG) wurde bei Geländesteigungen von mehr als 5°, abhängig von der jeweiligen Windrichtung, eine orografische Korrektur wie bei den Langzeit-Ausbreitungsrechnungen ERAM vorgenommen (siehe Beitrag in diesem Jahresbericht).

### Ergebnisse

Die meteorologisch bedingte Verteilung der Maximalwerte potentieller Expositionen läßt sich durch die kumulative Verteilung gemäß **Abbildung ET-8** darstellen. Dargestellt sind für Cs-137 und Pu-239 die potentiellen Strahlenexpositionen für die 2902 betrachteten Ausbreitungssituationen über deren kumulativer Häufigkeit unter der Annahme, daß ein Gebindeinventar in Höhe der zulässigen Aktivität des jeweiligen Radionuklids vorgelegen hat, das störfallbedingt zu 1 % freigesetzt wurde.

Zusätzlich sind die relevanten Dosisgrenzwerte – für Cs-137 der Grenzwert für die effektive Dosis des Kleinkindes und für Pu-239 die Dosis der Knochenoberfläche des Erwachsenen – nach § 28 Abs. 3 StrlSchV eingetragen.

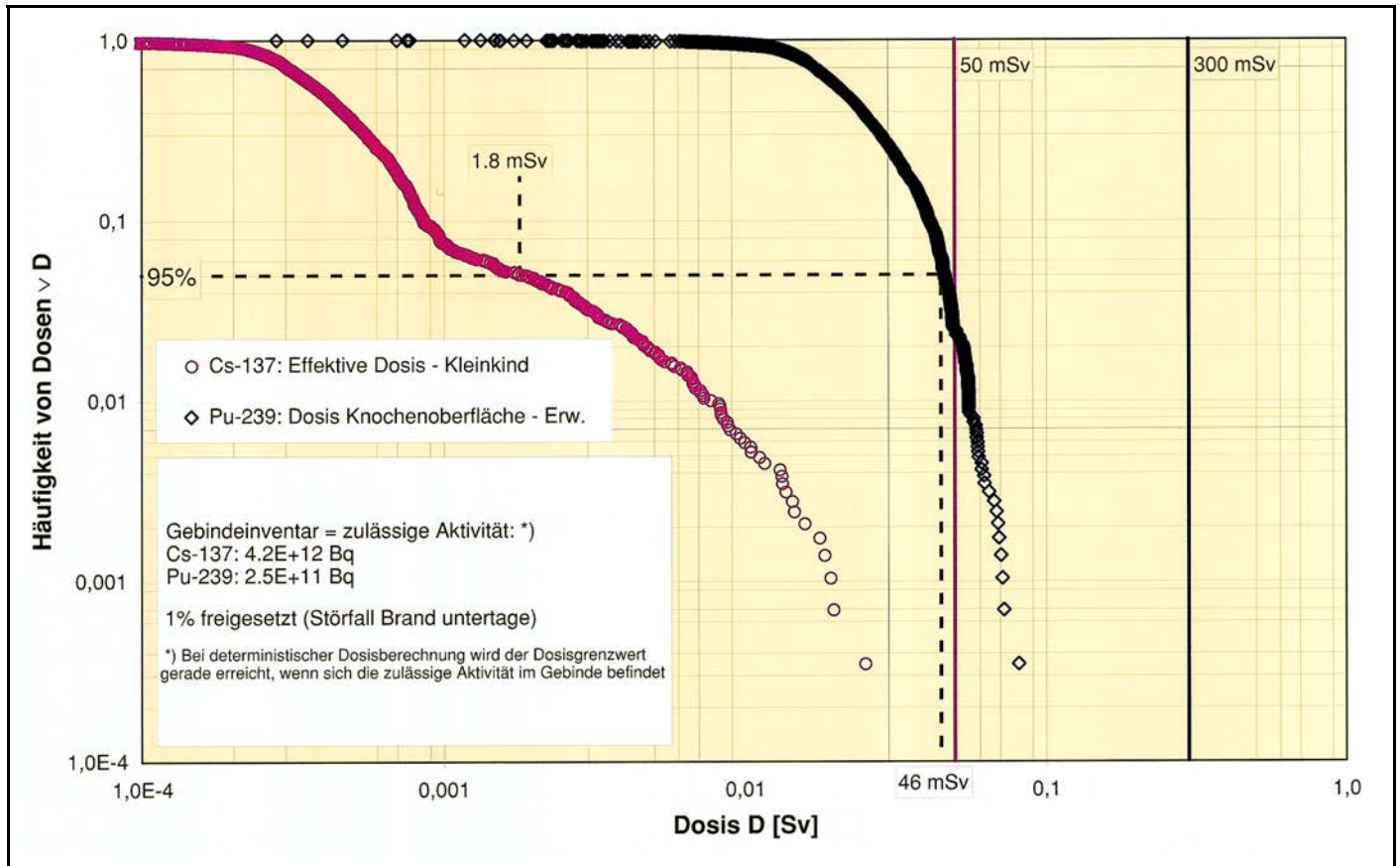
Bei deterministischer Betrachtung würde bei dem angenommenen Aktivitätsinventar als potentielle Dosis gerade genau der jeweilige Dosisgrenzwert berechnet. **Abbildung ET-8** ist zu entnehmen, daß bei den erfaßten realen Ausbreitungsbedingungen diese Grenzwerte jedoch in keinem Fall erreicht werden. Selbst im Fall der ungünstigsten bzw. seltensten Wetterlage des Datenkollektivs wird der Grenzwert bei Cs-137 nur zur Hälfte, bei Pu-239 nur zu weniger als einem Drittel erreicht. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % wird bei Cs-137 nur 1/30 des Dosisgrenzwertes und bei Pu-239 nur weniger als 1/6 des Grenzwertes erreicht. Diese beträchtlichen Reduktionsfaktoren zeigen die erheblichen Sicherheitsreserven, welche die deterministisch bestimmten Aktivitätskonzentrationsgrenzwerte allein aufgrund der konservativen Festlegung meteorologischer Einflußgrößen beinhalten, ungeachtet der eingangs genannten weiteren Einflüsse, die gleichermaßen konservativ behandelt wurden.

Ein Vergleich mit den Ergebnissen für das geplante Endlager Konrad zeigt, daß der Reduktionsfaktor für Pu-239 hier nicht so groß ist wie bei Konrad. Dies läßt sich vor allem damit erklären, daß aufgrund der niedrigeren Abwettertemperaturen beim ERAM geringere Fahnenüberhöhungen vorliegen. Dies führt zu höheren Inhalationsdosen, weil aufgrund der tieferen Lage der Abluftfahne höhere Aktivitätskonzentrationen in der bodennahen Luft auftreten. Dies wirkt sich besonders bei Pu-239 aus, weil die Exposition bei diesem Nuklid durch den Inhalationspfad dominiert wird. In gleicher Weise wirken die orografischen Gegebenheiten. Auch hieraus resultiert in vielen Fällen eine geringere Höhe der Abluftfahne über dem Geländeniveau mit der Folge einer höheren Inhalationsdosis.

Bei Cs-137 resultiert die Dosis dagegen überwiegend aus der am Boden abgelagerten Aktivität. Diese wird im maßgeblichen Bereich der 95 % abdeckenden Dosen wesentlich durch die Deposition durch

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte



**Abbildung ET-8:**

Strahlenexposition in der Umgebung des ERAM bei Störfällen. Häufigkeitsverteilung (CCFD) der Dosis aufgrund realer Wetterdaten von 1995. Thermische und mechanische Fahnenüberhöhung sowie orografische und Gebäudeeinflüsse berücksichtigt.

Niederschlag bestimmt. Dabei wirkt sich die Fahnenüberhöhung praktisch nicht aus. Dementsprechend sind für Cs-137 die Reduktionsfaktoren für Konrad und ERAM praktisch gleich.

### Übertragbarkeit auf andere Radionuklide

Die probabilistische Betrachtungsweise wirkt sich generell unterschiedlich auf die bodennahe Aktivitätskonzentration in der Luft und die ihr proportionale trockene Ablagerung einerseits sowie auf die Ablagerung mit Niederschlag andererseits aus; das heißt, daß unterschiedliche Reduktionsfaktoren gegenüber den entsprechenden deterministisch bestimmten Ablagerungen zu erwarten sind. Mindestens kann der niedrigere der beiden Reduktionsfak-

toren für die trockene und nasse Ablagerung angenommen werden.

Der Reduktionsfaktor für die bodennahe Aktivitätskonzentration in der Luft und für die trockene Ablagerung ist weitgehend identisch mit dem für die Dosis bei Pu-239 bestimmten Reduktionsfaktor von 1/6, weil die Dosis bei diesem Radionuklid stark durch die Inhalation dominiert wird. Dieser Reduktionsfaktor gilt für alle Radionuklide, bei denen die Exposition durch Inhalation bestimmt wird, und er kann als konservativer Mindestwert für andere Radionuklide angesehen werden, bei denen Bodenstrahlung und Ingestion zu bestimmten Anteilen zur Exposition beitragen.

Der Reduktionsfaktor für die Ablagerung mit Niederschlag kann im Bereich der 95 % abdeckenden Dosen mit dem Reduktionsfaktor von 1/30 gleichgesetzt werden, der für die Dosis bei Cs-137 bestimmt

wurde. Dies ist möglich, weil in diesem Wahrscheinlichkeitsbereich die Ablagerung und damit die Exposition über Bodenstrahlung und Ingestion praktisch ausschließlich durch Ablagerung mit Niederschlag bestimmt wird. Dieser Reduktionsfaktor kann für den Bereich der 95 % abdeckenden Dosen auf alle Nuklide angewendet werden, bei denen nur Bodenstrahlung oder Ingestion zur Exposition beiträgt.

Bei Radionukliden, bei denen sowohl Inhalation als auch Bodenstrahlung oder Ingestion zur Exposition beiträgt, wird ein Reduktionsfaktor zwischen 1/6 und 1/30 auftreten, je nach dem Beitrag der einzelnen Expositionspfade zur Gesamtexposition.

Bei dieser Betrachtung wurde die Wolkenstrahlung außer acht gelassen, da für sie auf einfache Weise keine Abschätzung

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

möglich ist. Diese trägt allerdings bei den meisten Radionukliden auch nur unwesentlich zur Gesamtdosis bei.

[1] Bekanntmachung einer Empfehlung der Strahlenschutzkommission (Neufassung der „Berechnung der Strahlenexposition“) vom 29. Juni 1994, BAnz Nr. 222a

[2] Ehrlich, D.  
Probabilistische Ausbreitungsrechnungen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge störfallbedingter Aktivitätsfreisetzungen über den Luftpfad nach den Vorschriften der Störfall-Berechnungsgrundlagen.  
BfS-Jahresbericht 1995, S. 295

### Messungen zum Freisetzungverhalten flüchtiger radioaktiver Stoffe im ERAM

D. Ehrlich, T. M. Ibach\*, V. Kunze

Ziel und Zweck eines Endlagers ist, daß die eingelagerten radioaktiven Stoffe so von der Biosphäre getrennt sind, daß auch langfristig dort nur eine geringe Strahlenexposition auftritt. Die Strahlenschutzverordnung legt als Schutzziel die mittlere Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition fest. Da in der Betriebsphase eine Strahlenexposition in der Biosphäre über die Luft nur aus flüchtigen radioaktiven Stoffen resultieren kann, ist die genaue Kenntnis ihres Freisetzungsverhaltens von hoher Bedeutung. Ein in allen Details überzeugendes Rückhaltekonzept ist die Voraussetzung für die Sicherheit und die Akzeptanz der Endlager.

Die Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe (DBE) wurde mit einer Meßkampagne beauftragt, womit die bislang gewonnenen Erkenntnisse aufgrund der nach Dauerbetriebsgenehmigung durchgeführten Messungen in den Abwettern ergänzt werden sollen. In und an den Einlagerungsbereichen des Endlagers für radioaktive Abfälle

Morsleben (ERAM) wird gemessen, wie sich die flüchtigen radioaktiven Stoffe nach dem Versetzen der Einlagerungshohlräume mit Salzgrus oder Braunkohlefilterasche verhalten. Dabei werden zusätzliche Erkenntnisse über die Barrierewirkungen des Versatzmaterials, der Abmauerungen und der Versturzscheulen erwartet.

Messungen werden für die Arten flüchtiger radioaktiver Stoffe vorgenommen, von denen aus der Einlagerungsphase bekannt ist, daß sie in den eingelagerten Abfällen vorkommen und freigesetzt werden. Dies sind

- Tritium (H-3) in Wasserdampf und brennbaren Gasen,
- Radiokohlenstoff (C-14) in Kohlendioxid und brennbaren Gasen sowie
- Radon (Rn-222) und Thoron (Rn-220) und ihre Zerfallsprodukte.

Zur Bewertung der Dichtigkeit wird gleichzeitig der Durchgriff der wetterbedingten Luftdruckschwankungen und der Pumpwirkung des Förderkorbes untersucht. Hierzu wird der Differenzdruck zu den beprobten Hohlräumen als Funktion der Zeit gemessen.

### Meßobjekte und ihre Besonderheiten

Das Meßprogramm umfaßt verschiedenartige Bereiche, die sich hinsichtlich der Einlagerungstechniken, des Zeitpunktes der Befüllung der Hohlräume und der Art des Versatzes unterscheiden.

Erstes Meßobjekt ist ein Einlagerungsbereich im Westfeld 2, ein seit ca. einem Jahr fast vollständig mit Braunkohlefilterasche versetzter Hohlraum, in dem ausschließlich Neuabfälle lagern. An seiner Firste sind zwei Rohrleitungen angebracht, die durch die Filterwirkung sogenannter Bullflex-Schläuche gegen das Eindringen der sich wie eine Flüssigkeit verhaltenden Asche geschützt sind und somit eine Beprobung der Resthohlräume erlauben.

Zweites Meßobjekt ist der Abbau 1 im Südfeld, ein Hohlraum, in den bis heute Abfälle verstürzt worden sind. Dieser Hohl-

raum weist einen sehr geringen CO<sub>2</sub>-Gehalt auf.

Weiterhin werden noch Hohlräume beprobt, in denen Flüssigabfälle durch Braunkohlefilterasche verfestigt sind, ferner solche, die mit Salzgrus oder Braunkohlefilterasche versetzt sind, sowie Hohlräume, die noch nicht versetzt sind. Ferner werden in einem versetzten Hohlraum Langzeitmessungen zur Beobachtung der Gleichgewichtsbildung durchgeführt.

### Meßmethodik

Für die Messungen wurde zunächst das im ERAM vorhandene Meßtechnik-Reperoire verwendet, das um einen hochempfindlichen Tritiummonitor erweitert wurde.

Im Regelfall wird die Beprobung mit Waschflaschen vorgenommen, in denen CO<sub>2</sub>-gebundenes C-14 und wasserdampf-förmiges Tritium aufgefangen wird. Nach Carbonatfällung und Abdestillation von Wasser werden die Proben in einem Flüssigszintillationsmeßgerät im ERAM nach dem gängigen Verfahren ausgewertet [1]. Die Nachweisgrenze für Tritium kann durch die Beprobungsmethode verbessert werden, wenn der Wasserdampf durch Kondensation oder Ausfrieren abgeschieden wird, da hierbei die Verdünnung durch das Wasser in der Waschflasche entfällt (siehe **Tabelle ET-7**).

In den Fällen, in denen die brennbaren bzw. organischen Komponenten von Interesse sind, wird mit Molekularsieb beprobt, wobei mit nachgeschalteter katalytischer Verbrennung in einem weiteren Molekularsieb die brennbaren Gasanteile gesammelt werden. Die Auswertung erfolgt dann beim Fachgebiet ST 2.1 des BfS in Neherberg gemäß [1].

Bei ausreichend hoher Aktivitätskonzentration erfolgen Messungen mit einer höheren Zeitauflösung von ca. 10 Minuten mit dem Tritiummonitor, der Tritium unabhängig von der Art der gasförmigen Verbindung nachweist. Für die Radonmessungen steht ein diskriminierender Radonmonitor zur Verfügung, mit dem auch Thoron (Rn-220) gemessen werden kann. Bei mehrtägigen Messungen liegt die Nachweisgrenze bei ca. 3 Bq/m<sup>3</sup>.

\* TÜV Energie- und Systemtechnik GmbH, Westendstraße 199, 80686 München

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

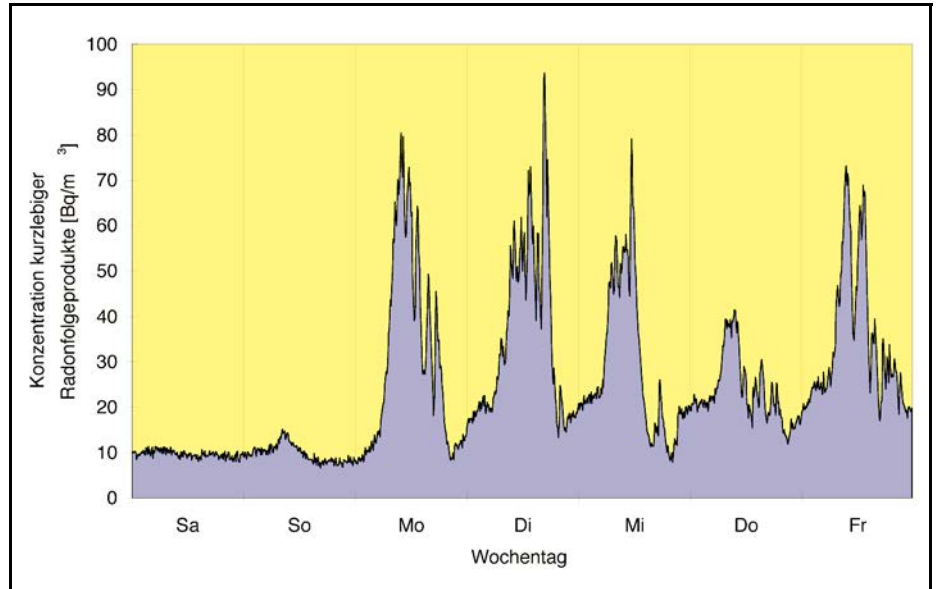
### Erste Ergebnisse und Erkenntnisse

Die ersten Messungen an dem weitgehend mit Asche versetzten Hohlraum im Westfeld 2 haben überraschend niedrige Werte von einigen  $10 \text{ Bq/m}^3$  für wasserdampfförmiges Tritium erbracht. Erst die beim BfS in Neuherberg diskriminierend ausgewerteten Molekularsiebe zeigten, daß Tritium in der relativ hohen Konzentration von einigen  $\text{kBq/m}^3$  in brennbarer Form, also als Wasserstoffgas oder als Kohlenwasserstoff vorliegt.

Dies läßt erkennen, daß wasserdampfförmiges Tritium in der Braunkohlefilterasche in hohem Maße gebunden wird. Chemische Untersuchungen sowie erste C-14-Beprobungen im Versturzabbau 1 des Südfeldes machen deutlich, daß  $\text{CO}_2$ -gebundenes C-14 auch von der Asche gebunden wird, insbesondere bei Anwesenheit von Feuchte. Da die brennbaren Tritium- und C-14-Verbindungen wegen der Katalysatorwirkung der Asche langfristig in Wasserdampf bzw.  $\text{CO}_2$  umgesetzt werden, ist nach dem Abmauern und Versetzen der Hohlräume mit einer wesentlich geringeren Freisetzungsrates zu rechnen als bisher angenommen.

Da C-14 dosisbestimmend ist und wegen seiner großen Halbwertszeit ist dieser Sachverhalt sehr vorteilhaft. Es zeichnet sich deshalb die Überlegung ab, die Asche zur Verbesserung der Rückhaltewirkung an bestimmten Stellen zu befeuchten. Die Katalysatorwirkung kann eventuell auch durch Beimengungen in der Asche verstärkt werden.

Bei den Radonmessungen hat sich gezeigt, daß durch die Pumpwirkung des Förderkorbes ein deutlicher Durchgriff in den Abbau 1, Südfeld besteht, in dem sich durch radiumhaltige Altabfälle eine Radonkonzentration von einigen  $1000 \text{ Bq/m}^3$  eingestellt hat [2]. Den dadurch hervorgerufenen Aktivitätsaustrag zeigt **Abbildung ET-9** sehr deutlich.



**Abbildung ET-9**  
Konzentrationsverlauf der Radonfolgeprodukte über Abbau 1 infolge der Pumpwirkung der Schachtförderanlage des ERAM.

	Tritium ( $\text{Bq/m}^3$ )		C-14 ( $\text{Bq/m}^3$ )	
	als HTO	als HT, $\text{CH}_3\text{T}$	als $\text{CO}_2$	als $\text{CH}_4$
Waschflasche	20		1	
Kondensierer	2			
Molekularsieb	2	2	1	1
Monitor	300	300		

**Tabelle ET-7**  
Nachweisgrenzen bei Messungen im ERAM für Tritium und C-14.

Untersuchungen haben ergeben, daß die Radonfreisetzung eine Funktion der Schichtdicke der überdeckenden Asche ist [3]. Bei entsprechendem Versatz wird deshalb das Radon-222 praktisch nicht mehr freigesetzt, da es bei seiner Diffusion durch die Asche zerfällt und die Zerfallsprodukte sich dort anlagern.

[1] Gesewsky, P.; Gumbrecht, P.  
Probenentnahme und Messung von Kohlenstoff-14 und Tritium in der Fortluft von Kernkraftwerken mit Hilfe

von Molekularsieben, Teil 2: Tritium.  
BfS-Bericht ST 2-18/1996

[2] Ehrlich, D.; Ibach, T.; Kunze, V.; Schulze, H.  
Flüchtige radioaktive Stoffe in einem Endlager. StrahlenschutzPraxis 3 (1997) 3, S. 37–41

[3] Ehrlich, D.  
Ermittlung des Radiuminventars im Abbau 1, Südfeld, 4. Sohle (ERAM). BfS-Jahresbericht 1995, S. 291

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Tritium im ERAM – Betrachtungen zum Aktivitäts- fluß und Inventar

V. Kunze

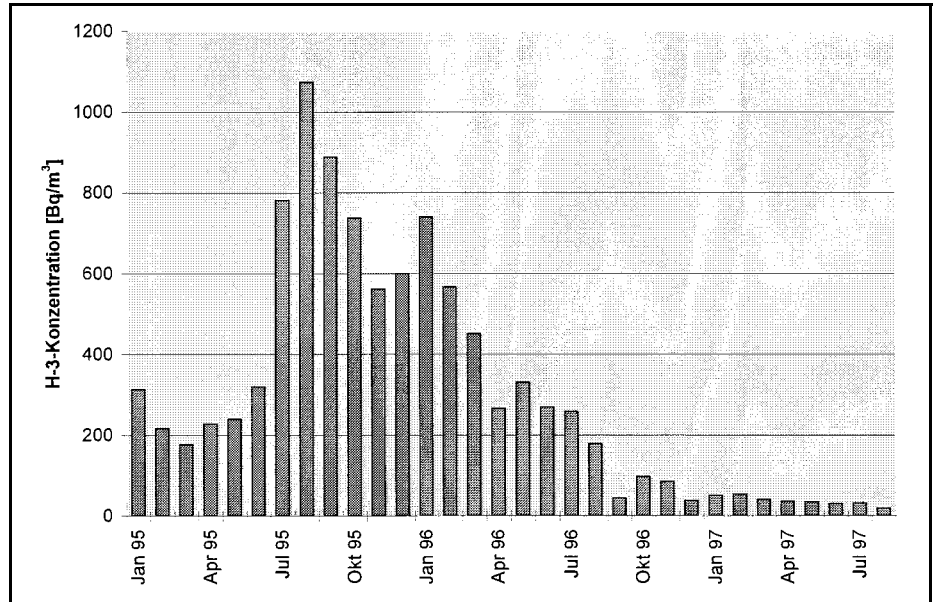
Von Juli 1995 bis März 1996 kam es im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) im Vergleich zum Zeitraum davor zu erhöhten Tritiumableitungen mit den Abwettern (Fortluft), wobei Spitzenkonzentrationen von etwa 1000 Bq/m<sup>3</sup> gemessen wurden, die immerhin 25 % des genehmigten Wertes ausmachten. Dadurch veranlaßt wurden Messungen mit einem Tritiummonitor zum Auffinden der Quelle und zur Klärung der Begleitumstände durchgeführt [1]. Im Ergebnis der Messungen konnte der Abbau 4 im Westfeld 1 einschließlich der dahinterliegenden Bereiche (Abbau 5 und nördliche Richtstrecke) als maßgebliche Tritiumquelle identifiziert werden.

Mittlerweile sind diese Bereiche wettertechnisch isoliert und weitgehend mit Braunkohlefilterasche versetzt. Der Erfolg dieser Maßnahmen ist in den Ergebnissen der Emissionsüberwachung in **Abbildung ET-10** deutlich sichtbar. Somit haben sich ab Dezember 1996 die Ableitungen über Schacht Bartensleben auf niedrigem Niveau (ca. 40 Bq/m<sup>3</sup>) stabilisiert.

Im Nachhinein konnte der Anstieg der Tritiumemissionen mit der Errichtung einer Mauer vor dem Abbau 4 im Juli 1995 und den damit zusammenhängenden wettertechnischen Umstellungen korreliert werden. Dadurch wurde dieser Abbau einschließlich der dahinterliegenden Bereiche zeitweilig mit Unterdruck beaufschlagt. Aufgrund der in den Abwettern gemessenen Tritiumkonzentrationen muß für diesen Feldesteil ein bisher nicht bekanntes zusätzliches Tritiuminventar angenommen werden.

#### Ermittlung von Freisetzungsraten

Der Aktivitätsfluß im bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers wird im wesentlichen durch die Freisetzungsraten aus den Abfällen und die Rückhalteeigenschaften des Versatzmaterials und der Abmauerun-



**Abbildung ET-10**  
Tritiumkonzentration in den Abwettern des ERAM.

gen bestimmt. Im Rahmen der Sicherheitsanalyse wurden für Tritium in der chemischen Form HTO relative Freisetzungsraten von 0,05 a<sup>-1</sup> für die Freisetzung aus offenen Bereichen und 0,005 a<sup>-1</sup> für die aus versetzten Bereichen angenommen. Diese Werte beruhen zum einen auf Messungen an offenen Abfallgebinden und zum anderen auf Betriebserfahrungen des Versuchsendlagers Asse. Die Auswertung der im ERAM gewonnenen Meßergebnisse bestätigt die Konservativität dieser Werte.

Die relative jährliche Freisetzungsraten ergibt sich, wenn man den gemessenen Aktivitätsaustrag aus einem Feldesteil mit dem zugehörigen Aktivitätsinventar in Beziehung setzt. Für die in Versturzttechnik endgelagerten Abfälle im Südfeld, bei denen es sich größtenteils um Altabfälle (Einlagerung bis Februar 1991) handelt, ergeben sich Freisetzungsraten aus unversetzten Bereichen von 0,02 ... 0,035 a<sup>-1</sup>. Aufgrund der Rückhaltungswirkung des Versatzmaterials ist die Freisetzung aus versetzten Bereichen um einen Faktor 10 bis 20 geringer anzusetzen.

Bei den in Stapeltechnik endgelagerten Abfällen im Westfeld 2 handelt es sich dagegen ausschließlich um Neuabfälle (Ein-

lagerung ab März 1995). Hier ergeben die Messungen im Vergleich zum Südfeld deutlich geringere Freisetzungsraten, so daß im Mittel von einer Rate um 0,01 a<sup>-1</sup> bei unversetzten Bereichen auszugehen ist. Als Erklärung dafür bietet sich an, daß bei der Stapelung im Gegensatz zum Versturzt die Integrität der Fässer weitgehend erhalten bleibt. Bei der Freisetzung aus versetzten Bereichen kommt die Barrierewirkung der Abmauerungen hinzu, deren Dichtheit höher einzuschätzen ist als die der Versturzt-schleusen. Darüber hinaus ist anzunehmen, daß sich infolge des raschen Einlagerungsfortschritts und der begleitenden Versatzmaßnahmen im Westfeld noch kein Gleichgewichtszustand ausbilden konnte, so daß für diesen Feldesteil noch keine belastbaren Raten für die Freisetzung aus versetzten Bereichen abgeleitet werden können.

Zur Klärung der Rückhaltemechanismen, auch für Kohlenstoff-14 und Radon-222, wird derzeit ein umfangreiches Meßprogramm im ERAM durchgeführt (siehe Beitrag „Messungen zum Freisetzungsverhalten flüchtiger radioaktiver Stoffe im ERAM“ in diesem Heft), in dessen Verlauf alle Einlagerungsbereiche beprobt werden sollen. Ferner soll nach Abschluß und Verfüllung des Westfeldes eine Langzeitmessung

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

durchgeführt werden, um die zeitliche Entwicklung der Aktivitätskonzentration in den verbleibenden Resthohlräumen zu messen.

### Abschätzung der unbekanntes Tritiumaktivität

In Umkehrung der oben beschriebenen Vorgehensweise lassen sich bei Kenntnis der Freisetzungsraten und des Aktivitätsaustrags die zugehörigen Aktivitäten ermitteln. Entscheidend ist dabei, ob zum einen die Freisetzung aus versetzten oder unversetzten Bereichen erfolgt, da sich die entsprechenden Freisetzungsraten um einen Faktor 10 bis 20 unterscheiden, und daß zum anderen beim Aktivitätsfluß ein Gleichgewichtszustand ohne Unterdruckbeaufschlagung vorliegt.

So ergab vor der wettertechnischen Isolierung des Abbaus 4 die direkte Messung des Abwetterteilstroms aus dem Westfeld über einen repräsentativen Zeitraum von einer Woche eine mittlere Tritiumkonzentration von  $650 \text{ Bq/m}^3$  entsprechend einem Aktivitätsaustrag von  $1,6\text{E}+11 \text{ Bq/a}$ . Unabhängig davon ergibt sich aus den Ergebnissen der Emissionsüberwachung durch den Vergleich der Zeiträume vor und nach der wettertechnischen Abtrennung des Abbaus 4 ein Aktivitätsaustrag in nahezu gleicher Höhe von  $1,3 \dots 1,5\text{E}+11 \text{ Bq/a}$ .

Legt man die für das Südfeld abgeleitete Bandbreite der Freisetzungsraten von  $0,02 \dots 0,035 \text{ a}^{-1}$  zugrunde, so wäre aufgrund der deklarierten Aktivität im Westfeld nur ein rund eine Größenordnung geringerer Aktivitätsaustrag zu erwarten. Bei Annahme einer realistischen Freisetzungsrates von  $0,03 \text{ a}^{-1}$  ist der tatsächlich gemessene Aktivitätsaustrag durch eine zusätzliche Tritiumaktivität von etwa  $5\text{E}+12 \text{ Bq}$  in unversetzten Bereichen zu erklären.

Dieser Wert wird durch die nachträgliche Auswertung alter Messungen aus den Jahren 1983/84 bestätigt, wonach es infolge der Auslagerung der Abfälle aus der Außenstelle Lohmen des ehemaligen SAAS und deren Verbringung ins ERAM ebenfalls zu erhöhten Tritiumkonzentrationen in den Abwetterern gekommen war.

Daraus errechnet sich für den 1. Juli 1995 unter den gleichen Randbedingungen wie oben eine zusätzliche Tritiumaktivität von etwa  $8\text{E}+12 \text{ Bq}$ .

Die Ähnlichkeit der aus alten und neuen Messungen abgeschätzten Tritiumaktivitäten legt nahe, daß es sich um ein und dieselbe Quelle handelt. Sie ist weiterhin ein Indiz dafür, daß sich die Quelle nach wie vor in einem unversetzten Abschnitt befindet, der über mittlerweile verschlossene Wetterwegsamkeiten zur Freisetzung beitrug. Andernfalls müßte der aus den neueren Messungen abgeleitete Wert von  $5\text{E}+12 \text{ Bq}$  aufgrund der Rückhaltewirkung des Versatzmaterials noch um rund eine Größenordnung höher angesetzt werden, so daß eine Diskrepanz zwischen alten und neuen Messungen offensichtlich wäre.

### Zusammenfassung

Die im Rahmen der Sicherheitsanalyse zum bestimmungsgemäßen Betrieb des ERAM verwendeten relativen jährlichen Freisetzungsraten für Tritium werden durch die Messungen im ERAM als konservativ ausgewiesen. Die Synthese aus alten und neuen Messungen deutet auf ein bisher unbekanntes Tritiuminventar im Westfeld 1 von etwa  $5 \dots 8\text{E}+12 \text{ Bq}$  hin. Aus sicherheitstechnischer Sicht ist diese zusätzliche Aktivität jedoch ohne Bedeutung. Ebenso waren die radiologischen Folgen für die Umgebung aufgrund der zeitweilig erhöhten Ableitungen unbedeutend [1].

- [1] Ehrlich, D.; Ibach, T. M.; Kunze, V. Freisetzungsverhalten und Nachweis von Tritium im ERAM. BfS-Jahresbericht 1996, S. 254

### Untersuchungen zum Aktivitätsinventar der Spezialcontainer im Untertagefeld des ERAM

V. Kunze

Im Untertagefeld (UMF) des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wurden ab 1985 das Experiment

A1 und seit 1987 das Experiment A2 zur Einlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in Bohrlöchern durchgeführt [1]. Im Rahmen des A2-Versuchs wurden fünf Spezialcontainer (SC: zylindrische Stahlbehälter,  $h = 53 \text{ cm}$ ,  $\varnothing = 10,8 \text{ cm}$ ) eingelagert, die hauptsächlich Co-60-Quellen aber auch Aktivitäten von Cs-137 und Eu-152/154/155 enthalten. Die in Spalte 3 der **Tabelle ET-8** angegebenen nuklidspezifischen Aktivitäten aus den Beladeprotokollen beruhen weitgehend auf zertifizierten Werten für die einzelnen Quellen. Der Vergleich der gemessenen Wärmeleistung und Ionisationsdosisleistung der SC mit den aufgrund der Quellstärken zu erwartenden Werten läßt jedoch zum Teil auf ein abweichendes Aktivitätsinventar schließen [1].

Zur regelmäßigen „Kontrolle der Rückholbarkeit“ wurden die fünf im Bohrloch A2 zwischengelagerten SC im Oktober 1996 gezogen und zeitweise in das Bohrloch A1 umgesetzt. Während der Umrüstphasen, in denen sich die SC in einer Bleiabschirmung im sogenannten Umladecontainer (UC) befanden, konnte die von ihnen ausgehende Gammastrahlung in definierter Geometrie mit dem In-situ-Spektrometer des ERAM gemessen werden. Ziel dabei war, eine unabhängige Bestimmung der Aktivität vorzunehmen und gegebenenfalls weitere Gammastrahler in den SC zu identifizieren.

### Nachauswertung der Ortsdosisleistungsmessungen (Methode 1)

Zur Verifizierung der möglichen Abweichungen wurde die in [1] beschriebene Berechnung der zu erwartenden Dosisleistungen mit dem Programm MicroShield 4.21 wiederholt. Die Modellierung der Quelleneigenschaften und -geometrien wurde so realistisch wie möglich gestaltet, wobei im Fall des SC2 und des SC4 zwei Varianten betrachtet wurden. So können die im SC2 eingebrachten Europiumstäbe im Extremfall entweder als kompaktes Bündel oder in lockerer Anordnung (wie Mikadostäbe) vorliegen. Beide Varianten unterscheiden sich hinsichtlich der Selbstabsorption in den Quellen. Für die Mischabfälle im SC4 wurden als Extremwerte

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

Container	Nuklid	Aktivität laut Beladeprotokoll [TBq]	Datum der Beladung	Berechnete Aktivität für 10/96 [TBq]	Abweichung nach Methode 1 [%]	Abweichung nach Methode 2 [%]	Gewichtetes Mittel der Abweichungen [%]	Korrigierte Aktivität für 10/96 [TBq]
SC1	Co-60	1134	02.06.1985	256	−(33±15)	−(41±5)	−(40±5)	154±13
SC2	Eu-152	79,5	20.11.1986	47,8	+(70±15)	− <sup>1)</sup>	+(70±15)	82±8
	Eu-154	102,8		− <sup>1)</sup>		79±7		
	Eu-155	39,7		− <sup>1)</sup>		16±2		
SC3	Co-60	541	20.01.1987	150	−(11±8)	(0±6) <sup>2)</sup>	−(4±5)	144±8
SC4	Co-60	542	16.02.1987	152	+(35±11)	+(25±30)	+(34±10)	204±16
SC5	Co-60	432	09.02.1987	121	−(21±8)	−(7±8)	−(14±6)	104±8
	Cs-137	93,2		74,8		− <sup>3)</sup>		

1) nicht auswertbar  
 2) wurde zur Kalibrierung verwendet  
 3) nicht nachweisbar

**Tabelle ET-8**

Nuklidspezifische Aktivitäten in den Spezialcontainern (SC) laut Beladeprotokollen und davon ermittelte Abweichungen.

mittlere Dichten von 2 und 4 g/cm<sup>3</sup> angenommen.

Die so berechneten Dosisleistungen weichen im Fall des SC1 und des SC4 signifikant von den alten Rechnungen in [1] ab. Im Fall des SC1 ergibt sich im Vergleich zur gemessenen Dosisleistung ein noch größerer Wert, was auf ein deutlich geringeres Aktivitätsinventar hindeutet. Im Fall des SC4 dagegen verringert sich die Diskrepanz zwischen gemessenen und berechneten Werten, doch muß auch hier weiterhin ein deutlich höheres Aktivitätsinventar gefordert werden. Im einzelnen ergeben sich die in Spalte 6 der **Tabelle ET-8** angegebenen prozentualen Abweichungen von den Aktivitäten in den Beladeprotokollen. Dabei bedeuten die Vorzeichen, daß die Aktivitäten um die entsprechenden Prozentsätze nach unten (−) oder oben (+) zu korrigieren sind.

### Aktivitätsbestimmung aus den gemessenen Gammaskpektren (Methode 2)

Da sich die Quellen im Umladecontainer innerhalb einer ca. 25 cm starken Bleiabschirmung befinden, ergeben sich bei der Auswertung der gemessenen Gammaskpektren vor allem zwei Probleme. Zum ei-

nen ist eine Ansprachekalibrierung des Detektors mit Standardpräparaten innerhalb des UC nicht möglich, da Quellen mit der erforderlichen Aktivität und Geometrie weder handhabbar noch verfügbar sind. Zum anderen lassen sich nur hochenergetische Gammalinien (> 1 MeV) nachweisen. Absolute Berechnungen der Abschirmwirkung der Spezialcontainer und des Umladecontainers sind aus folgenden Gründen mit Unsicherheiten behaftet:

- Aufgrund der Dicke der Abschirmung (ca. 25 d<sub>1/2</sub> für Co-60 und ca. 45 d<sub>1/2</sub> für Cs-137) potenzieren sich mögliche Ungenauigkeiten der im Programm verwendeten Absorptionskoeffizienten.
- Die Dicke der Bleiabschirmung des UC ist nicht homogen und die Positionierung der SC in der Höhe nicht exakt reproduzierbar (±1 Motorschritt entsprechend ±2,4 cm).
- Im Fall des SC2 und des SC4 ist nur unzureichend bekannt, wie die Aktivität im Inneren angeordnet ist.

Trotz dieser Unsicherheiten wurde zunächst mit dem Programm MicroShield 4.21 der am Ort des Detektors zu erwartende Photonenfluß  $\Phi_1$  berechnet. Dosis- und Energieaufbaufaktoren spielen dabei keine Rolle, da lediglich die ungestreuten Gammaquanten der betreffenden Energie

Nuklid	Eg [keV]	bg [%]
Co-60	1173	100
	1332	100
Eu-152	1408	20,7
Eu-154	1274	35,5
	1596	1,85

**Tabelle ET-9**

Auswertbare Gammalinien und zugehörige Nuklide.

betrachtet werden. Nur diese können durch Photoeffekt im Detektor nachgewiesen werden und als ein Ereignis in der entsprechenden Photolinie im Spektrum erscheinen. Bezeichnet man mit  $\Phi_2$  den Photonenfluß, der sich ohne Abschirmung für eine Punktquelle gleicher Aktivität und Entfernung ergibt, so gilt für die tatsächliche Aktivität der Quelle:

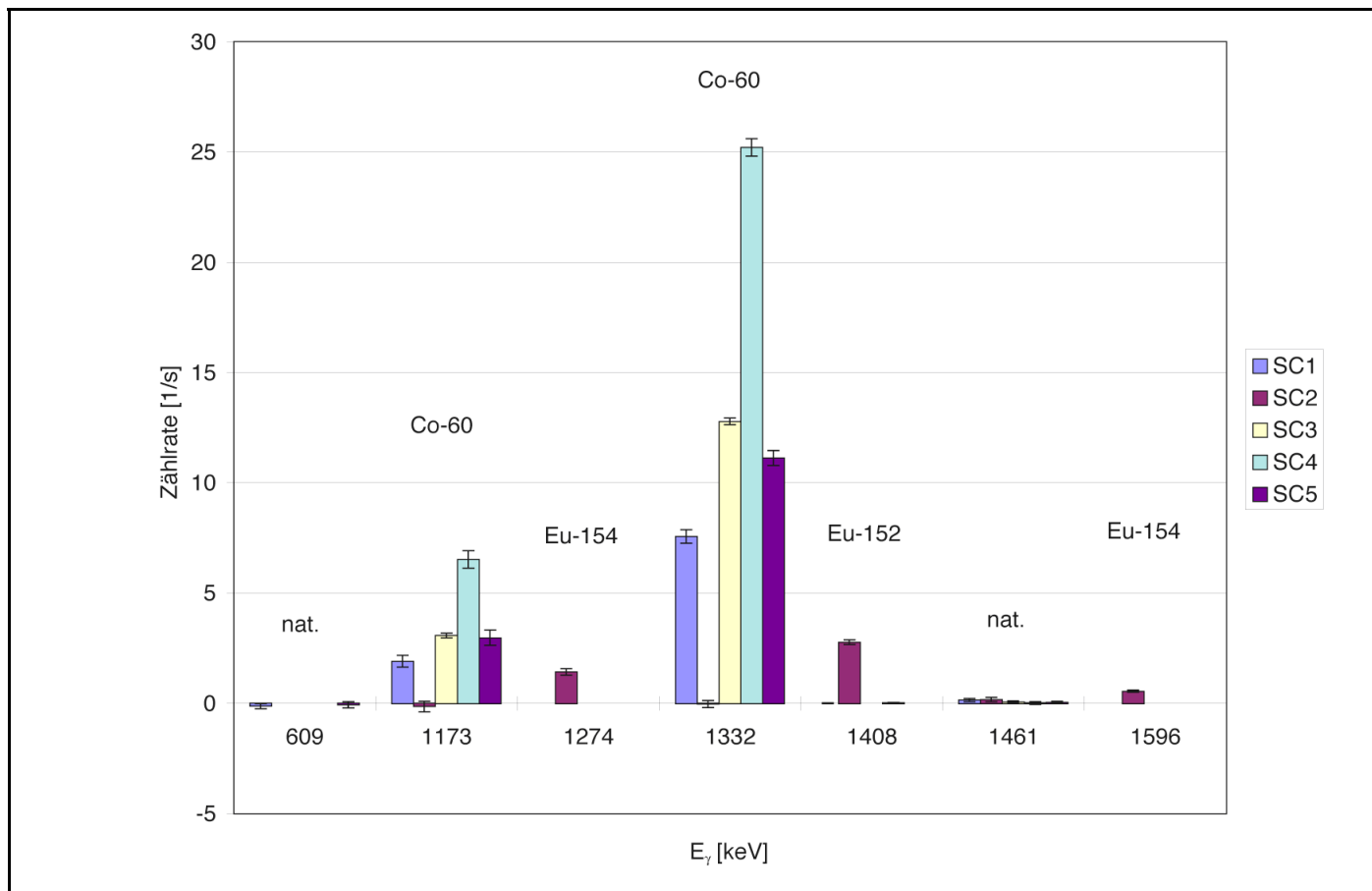
$$A = \frac{n}{\epsilon} \cdot \frac{\Phi_2}{\Phi_1} \quad (1)$$

Dabei ist n die gemessene Zählrate und  $\epsilon$  die Ansprechwahrscheinlichkeit des De-



# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte



**Abbildung ET-11**  
Mit dem In-situ-Spektrometer gemessene Zählraten für die betrachteten Gammalinien.

tektors ohne Abschirmung, die mit einer Eu-152-Kalibrierquelle in Luft bestimmt wurde.

Es konnten die in **Tabelle ET-9** angegebenen Gammalinien der SC gemessen werden, deren Zählraten in **Abbildung ET-11** grafisch dargestellt sind. Im Fall des SC2 war keine quantitative Auswertung der Spektren möglich, da die Messung durch Streustrahlung von einem anderen SC im Bohrloch-Magazin gestört wurde.

Bei den übrigen SC liegen die mit (1) berechneten Aktivitäten um 0 bis 70 % über den Werten in Spalte 5 der **Tabelle ET-8**, so daß durch diese Absolutmessung die Aktivität der SC offenbar systematisch überschätzt wird. Daher wurde der SC3, dessen Aufbau und Beladung gut dokumentiert ist und bei dem die bisherigen

Untersuchungen keine Hinweise auf ein von den Beladeprotokollen abweichendes Aktivitätsinventar erbracht haben, zur internen Kalibrierung verwendet.

Mit dieser Relativmessung ergeben sich die in Spalte 7 der **Tabelle ET-8** angegebenen Abweichungen vom Aktivitätsinventar in Spalte 5.

### Ergebnisse

Faßt man beide Auswertemethoden (Spalte 6 und 7 in **Tabelle ET-8**) zusammen, so ergeben sich die gewichteten Mittelwerte in Spalte 8 und damit die in Spalte 9 angegebenen nuklidspezifischen Aktivitäten der SC. Für den Cs-137-Gehalt des SC5 können keine Angaben gemacht werden,

da die im Vergleich zum Co-60 niederenergetische Gammastrahlung von 662 keV aufgrund der Abschirmung nicht nachweisbar war. Gleiches gilt für die Eu-155-Aktivität im SC2 ( $E_\gamma < 105$  keV). Somit haben die Messungen keine Hinweise auf weitere Radionuklide in den SC erbracht.

[1] *Bertram, W., Schneider, L., Thiele, B.* Thermische und radiologische Geschichte des Wirtsgesteins in den Versuchen A1 und A2 im Untertage-meßfeld des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben. Stoller Ingenieurtechnik GmbH Dresden, Berichtsnummer: SIG-03/94, Dresden, 6. Juni 1994

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Neuauswertung von Testdaten aus dem Erkundungsprogramm 1988 – 1990 am Standort des ERAM

Auftragnehmer:  
Dipl.-Ing. Matthias B. Kloska

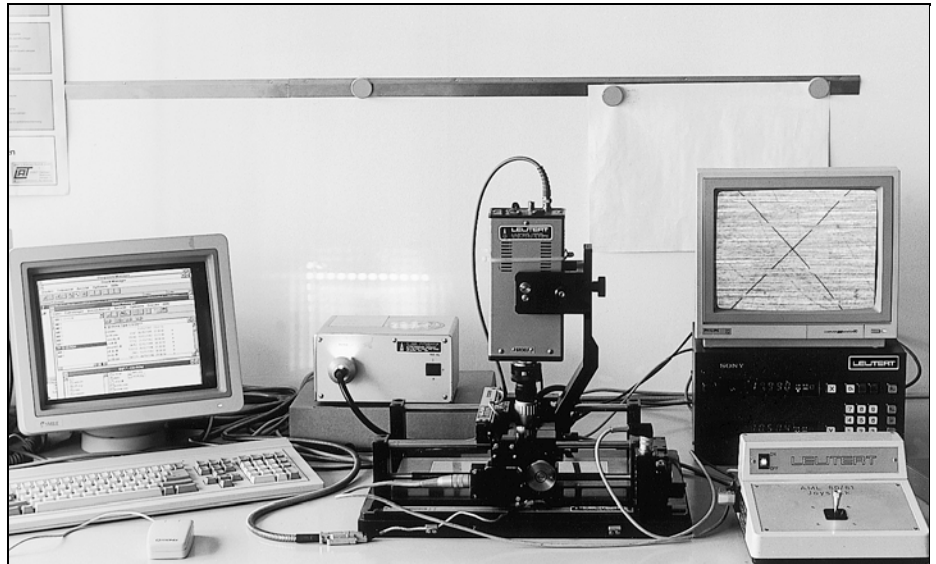
Projektleitung BfS: M. Ranft

Im Rahmen eines zwischen 1988 und 1990 durchgeführten Bohrprogramms zur geowissenschaftlichen Untersuchung des Standortes des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wurden unter anderem in 11 Bohrungen „geohydraulische Untersuchungen mittels Gestänge-test“ durchgeführt. Die Durchführung des Bohrprogramms und die damit verbundenen geowissenschaftlichen Untersuchungen sowie die vorläufige Auswertung der Tests lag zu diesem Zeitpunkt nicht im Verantwortungsbereich des BfS. Für die Verwendung der Ergebnisse dieser geohydraulischen Untersuchungen im Planfeststellungsverfahren war noch eine vollständige Auswertung erforderlich. Diese Auswertung wurde nach heutigem Stand von Wissenschaft und Technik vorgenommen. Zielsetzung der Auswertung war die Bestimmung von hydraulischen Parametern, wie sie für die Aufstellung des hydrogeologischen Modells für den Standort des ERAM benötigt werden. Dabei handelte es sich in erster Linie um die Permeabilität und den Initialdruck der getesteten Formationen.

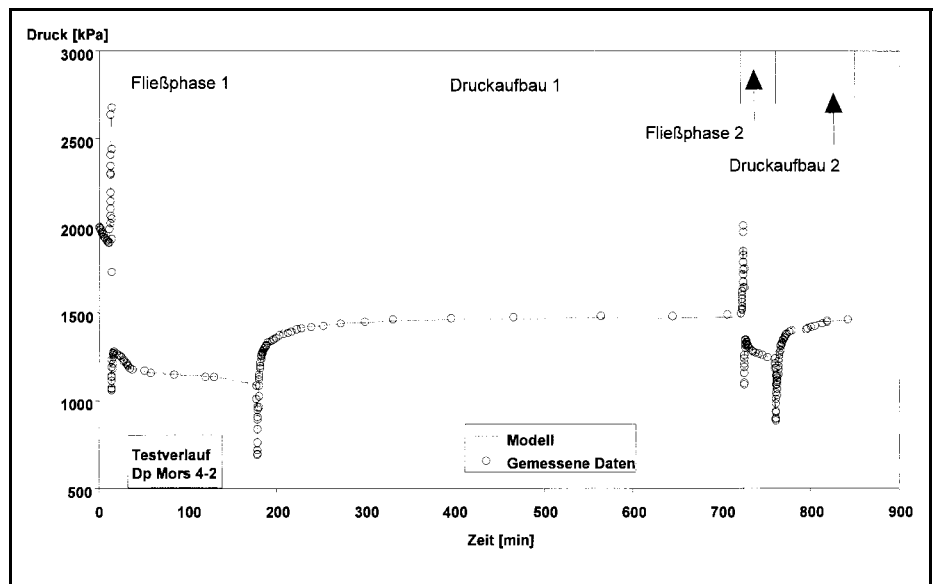
Die Durchführung dieser Aufgabe gliederte sich in mehrere Schritte. An erster Stelle stand hierbei die Beschaffung der Basisdaten. Diese Daten befinden sich auf Metallfolien, in die seinerzeit der Testverlauf mittels eines mechanischen Aufzeichnungsgerätes eingeritzt wurde.

Für die rechnergestützte Neuauswertung mit numerischen Analyseverfahren wurden in einem weiteren Bearbeitungsschritt die auf dem Datenträger (Metallfolien) befindlichen Druckverläufe mit einem Digitalisierungsgerät digitalisiert (**Abbildung ET-12**).

Im Anschluß an die Digitalisierung der Basisdaten, erfolgte die Datenaufbereitung,



**Abbildung ET-12**  
Digitalisierungsgerät LEUTERT AML 81 und DV-Peripherie.



**Abbildung ET-13**  
Ergebnisse der numerischen Simulation des Testverlaufs.

d. h. die nunmehr digital vorliegenden Rohdaten wurden um Zeit- und Druckverschiebungen, sowie weiteren meßtechnischen Aufzeichnungsfehlern bereinigt.

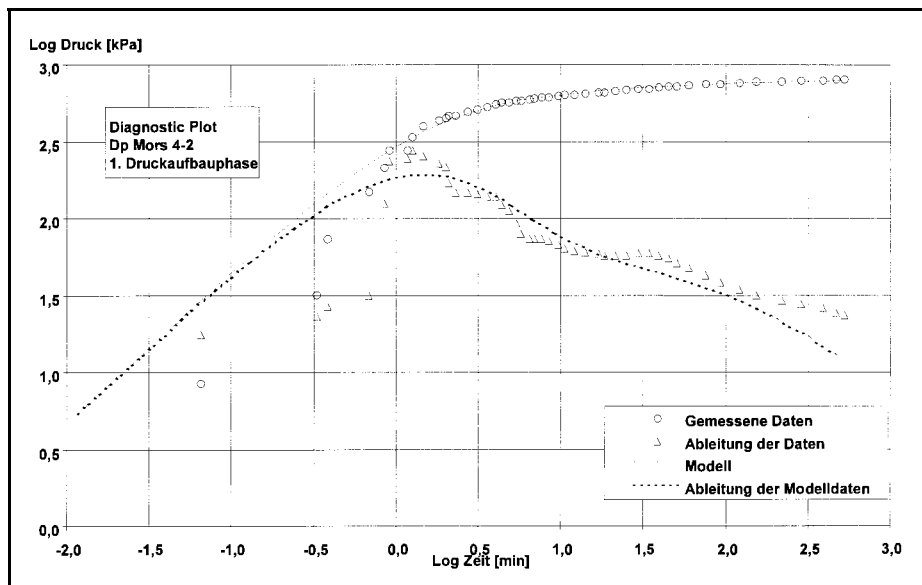
Nach der Datenbereinigung erfolgte die eigentliche Auswertung der Testdaten, wo-

bei auch für jedes Testintervall die Fließgeometrie bestimmt wurde.

Zur Testinterpretation mittels numerischer Methoden wurde ein Programmcode verwendet, der auf dem „Graph Theoretic Field Model“ von Savage und Kesavan be-

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte



**Abbildung ET-14**  
Ergebnisse der numerischen Simulation des Testverlaufs, Log/Log-Plot.

ruht. Bei der Interpretation der Testdaten wurden im allgemeinen ausschließlich Druckdaten zur Parameteroptimierung verwendet, da Ratenmessungen nicht vorlagen. In einigen wenigen Fällen wurden in den Feldberichten der Tests Gesamtproduktionsraten angegeben.

Diese wurden dann als Orientierungsparameter in die Testauswertung und Interpretation einbezogen. Diese Informationen waren insbesondere dann wesentlich, wenn ein Test ohne Slug-Sequenz durchgeführt wurde, also direkte Informationen

über das Fließverhalten der betesteten Formation fehlten.

Die **Abbildung ET-13** zeigt beispielhaft an dem zweiten Testintervall der Bohrung Dp Mors 4 das aus den gemessenen Daten resultierende Modell. Hier wird deutlich, daß für eine weitergehende Auswertung und Interpretation die erste Druckaufbauphase hinsichtlich Datendichte und Dauer am besten geeignet ist.

Diese Aussage wird, wie in **Abbildung ET-14** ersichtlich, auch durch die Überein-

stimmung der Modelldaten in der Superposition bestätigt.

Das in **Abbildung ET-15** dargestellte Ergebnis der numerischen Simulation zeigt in der Fitfläche von Permeabilität zu Initialdruck eine hohe Sensitivität dieser Parameter. Es ergibt sich nur ein kleiner Bereich in dem die Anpassung des Modells gut ist. Damit können die mit dem Modellansatz ermittelten Aquifer-Parameter als gesichert angesehen werden.

Insgesamt wurden 37 geohydraulische Tests, deren Basisdaten auf Metallfolie verfügbar waren, aus dem Bohrprogramm 1988 bis 1990 auf ihre Auswertbarkeit hin untersucht. Von diesen 37 Tests waren 25 gut auswertbar, 7 Tests nur bedingt auswertbar und 5 Tests aufgrund mangelnder Datendokumentation nicht auszuwerten.

Bei der Neuauswertung der Basisdaten der 32 auswertbaren Tests kamen numerische Auswertverfahren zur Anwendung; für die ermittelten Formationsparameter wurden Sensitivitätsanalysen durchgeführt und Fehlerbandbreiten ermittelt. Somit wurde sichergestellt, daß die Ergebnisse der hydraulischen Tests aus den Jahren 1988 bis 1990 mit denen aus dem Bohr- und Testprogramm 1994/95 vergleichbar und im Rahmen einer widerspruchsfreien Gesamtinterpretation nach Stand von Wissenschaft und Technik verwendbar sind. Die Ergebnisse der Testanalysen entsprechen im wesentlichen den im Bohrprogramm 1994/95 ermittelten Daten und fließen in die Parametrisierung des hydrogeologischen Modells Morsleben ein, dessen Datenbasis damit vergrößert werden konnte.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Wissenschaftliche Kurzberichte

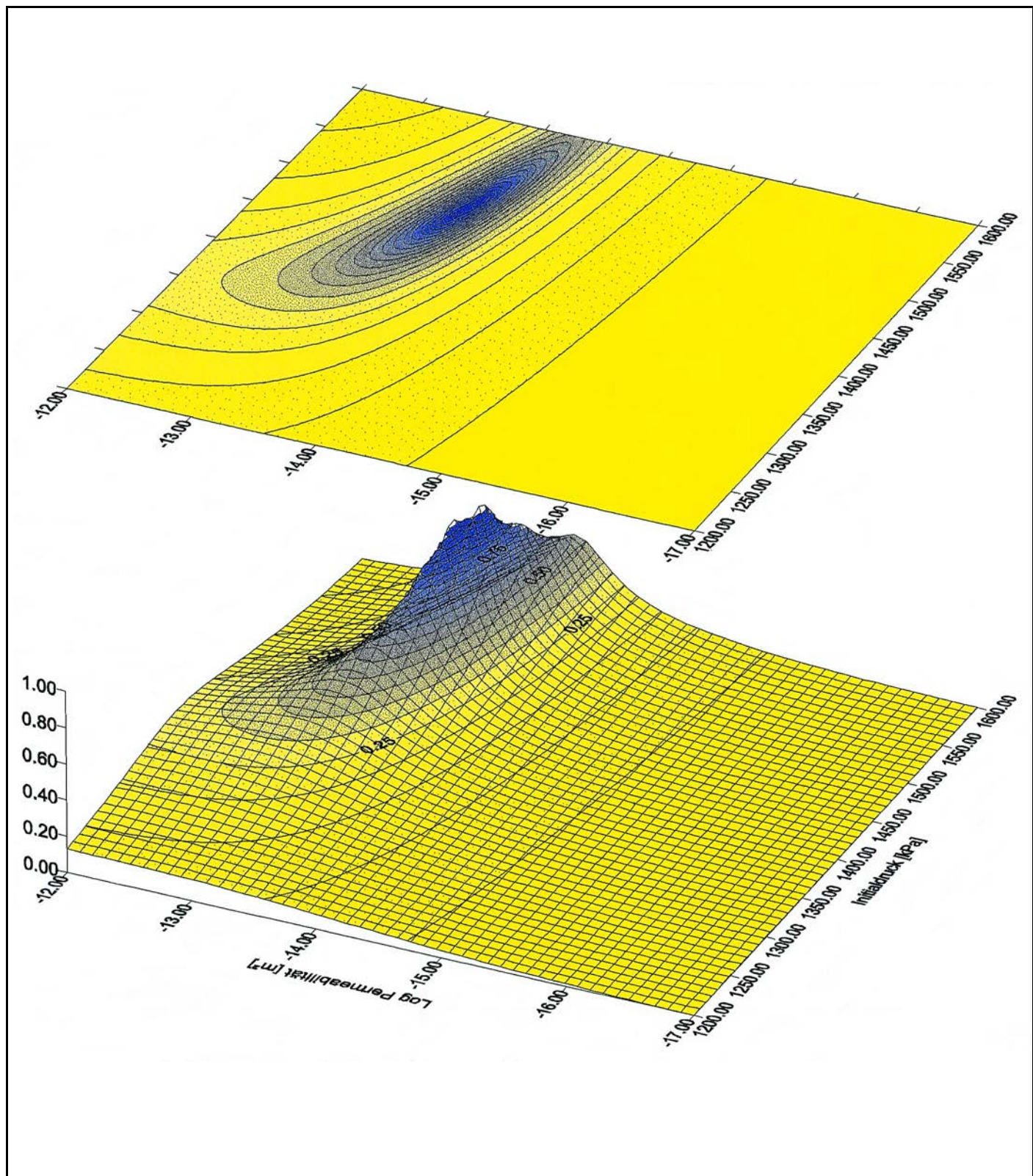
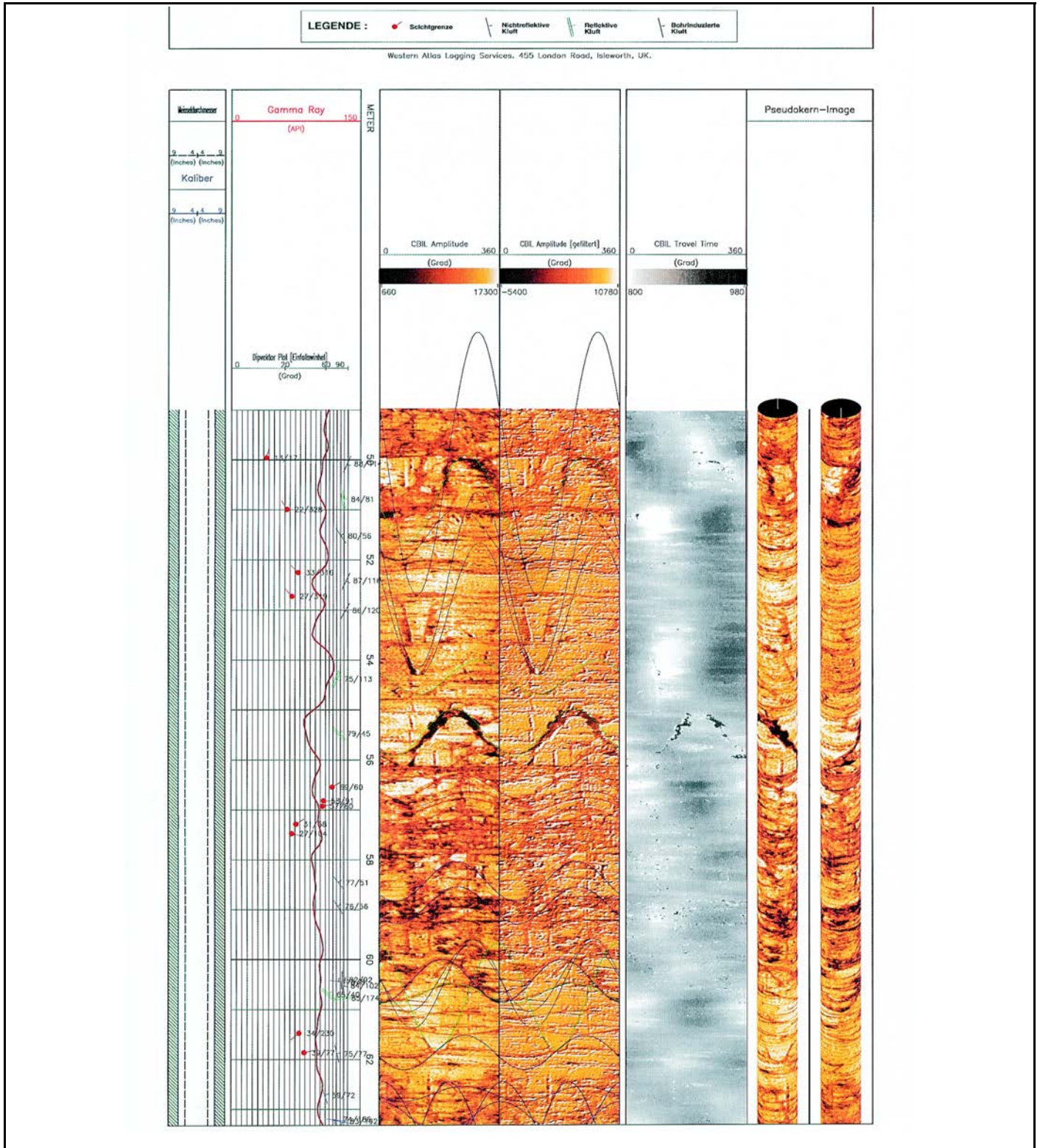


Abbildung ET-15  
Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zur numerischen Simulation.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte



**Abbildung ET-16**  
Akustisches Abbild der Bohrlochwandung.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Auswertung von CBIL-Daten aus dem Bohrprogramm 1994/95 ERAM

Auftragnehmer:  
Western Atlas Geosciences London

Projektleitung BfS: M. Ranft

Im Rahmen des 1994–1995 durchgeführten Bohr- und Testprogrammes am Standort des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wurden in einem Teil der Bohrungen spezielle bohrlochgeophysikalische Messungen durchgeführt. Dabei handelt es sich um das Circumferential Borehole Imaging Log (CBIL). Die Zielstellung dieser Messungen bestand in der Gewinnung von Strukturdaten aus den vermessenen Formationen (Schichteinfallen, und -streichen, Klufteinfallen und -streichen, Diskordanzen, Störungen, Streißfeld) die u. a. für die Rekonstruktion der strukturellen Entwicklung des Untersuchungsraumes benötigt werden. Ein weiterer Aspekt war die detaillierte Erfassung von Trennflächen (Klüfte, Harnischflächen, Störungsbereiche) und des Trennflächengefüges in den vermessenen Bohrungen im Hinblick auf eine hydrogeologische Auswertung.

Bei den CBIL-Messungen wird aus den an der Bohrlochwand reflektierten akustischen Wellen ein graphisches Abbild der Bohrlochwandung erzeugt (**Abbildung ET-16**). Bei der Aufzeichnung der Daten im Bohrloch wird die Bildlage durch ein in der Sonde eingebautes Magnetometer auf magnetisch Nord orientiert. Die so generierten Bilder erlauben eine vollständige 360°-Darstellung der Bohrlochwand. Neben den akustischen Imagedaten und ihrer Orientierung werden noch die Neigung und die Fahrgeschwindigkeit der Sonde im Bohrloch teufenrichtig aufgezeichnet. Diese Daten werden bei der rechnergestützten Datenaufbereitung (Dataprocessing) berücksichtigt.

Im Verlauf des bohrlochgeophysikalischen Meßprogramms wurden insgesamt 2320 Bohrmeter mit dem Circumferential Borehole Imaging Log vermessen. Die CBIL-Meßstrecken verteilen sich auf 11 struktu-

rell bzw. hydrogeologisch relevante Bohrungen.

Neben der reinen Auswertung der akustischen Bohrlochdaten (Images) wurde in einem zweiten Bearbeitungsschritt eine Kernintegration durchgeführt. Dabei wurden die aus dem akustischen Image gewonnenen Daten mit den vorliegenden Bohrkernen verglichen und zusätzliche Informationen wie z. B. die Art der Kluftmineralisation, erfaßt und ausgewertet.

Aus der Auswertung der Daten konnten folgende Ergebnisse für die geowissenschaftliche Bearbeitung des Untersuchungsgebiets abgeleitet werden:

#### Strukturelle Ergebnisse

Die Schichtungsdaten der Hauptanhydritkomplexe im Hutgestein stehen in guter Übereinstimmung mit den Daten aus der untertägigen Kartierung. Zusammen mit der intensiven stratigraphisch-petrographischen Bearbeitung der Bohrkern ergibt sich damit ein schlüssiges Modell der Lagerungsverhältnisse des Hutgesteins im Untersuchungsgebiet.

Die untersuchten Ablagerungen des Keupers der Bohrungen in der strukturellen Baueinheit der Lappwaldscholle (Dp Mors 37A, 43A, 51A, 52A, 56A) zeigen einen generellen strukturellen Einfallstrend in westliche Richtung. Die innerhalb der Allertalzone stehenden Bohrungen (Dp Mors 45A und 46A) zeigen dagegen ein Einfallen der Keuperablagerungen vorwiegend in nordöstliche Richtungen (**Abbildung ET-17**).

Die der SW-Randstörung am nächsten gelegenen Bohrungen (Dp Mors 37A, 43A) weisen eine deutlich größere Anzahl an Störungen auf und verursachen damit lokale Änderungen der Einfallswinkel und Einfallrichtungen (**Abbildung ET-18**).

#### Störungen

Anhand der Auswertung der Störungen und der Störungsintensität konnte belegt werden, daß die Ablagerungen des Steinmergelkeupers und des Rhät am intensivsten deformiert wurden. Weiterhin konnte belegt werden, daß die Störungsintensität

in den einzelnen Bohrungen mit zunehmender Entfernung von den Randstörungen der Allertalzone tendentiell abnimmt. (**Abbildung ET-18**). Bei den Störungen außerhalb der Allertalzone dominiert ein Streichtrend von NW-SE und folgt damit dem Streichen der Allertalzone (**Abbildung ET-19**).

Der Hauptanteil dieser Störungen fällt in Richtung auf die Allertalzone ein. Neben diesem dominierenden Streichtrend sind untergeordnet noch weitere Streichrichtungen zu beobachten. Bemerkenswert sind dabei die senkrecht zur Allertalstruktur streichenden Querstörungen. Diese Störungen sind, wie auch die Klüfte mit Einfallswinkeln  $> 75$  Grad parallel zur Richtung der regionalen maximalen Stressfeldkomponente des horizontalen In-situ-Stressregimes orientiert und sind diesem zuzuordnen (**Abbildung ET-20**).

#### Klüfte

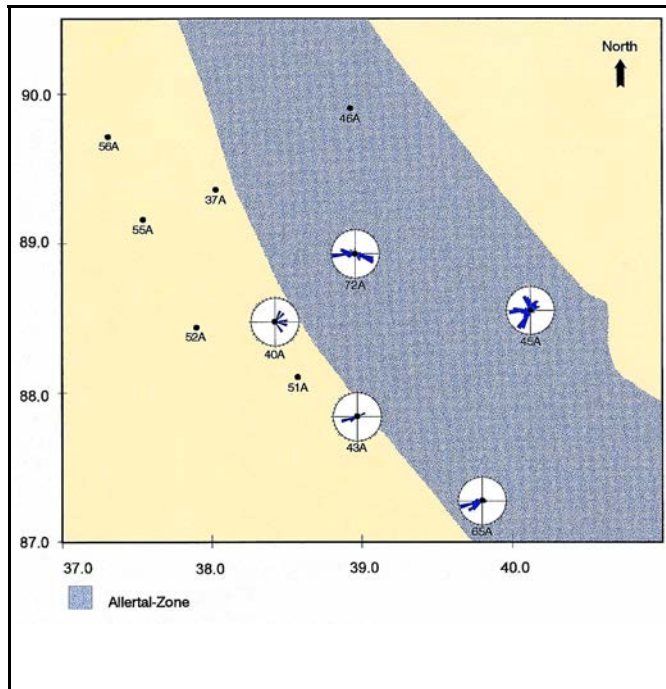
In den Meßabschnitten der untersuchten Bohrungen wurden insgesamt 4470 Klüfte identifiziert. Das Streichen variiert zwischen NW-SE, N-S und NE-SW (**Abbildung ET-21**). Nur eine untergeordnete Anzahl von Klüften zeigt eine davon abweichende Streichrichtung.

Für die hydrogeologische Bewertung ist von Bedeutung, daß vollständig offene Klüfte nicht festgestellt wurden. Die Klüfte sind entweder partiell oder vollständig mit Calcit, Dolomit, Gips oder Salz mineralisiert.

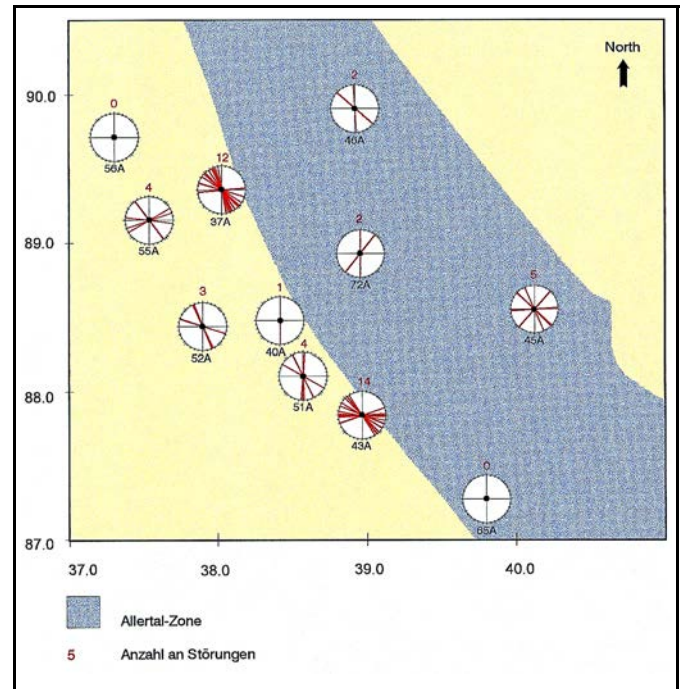
Die Analyse der Kluftmineralisation zeigt, daß die Art der Kluftmineralisation weniger von bevorzugten Streichrichtungen, als vielmehr von der lithologischen Ausbildung des Gesteins abhängig ist. Halit als Kluftmaterial ist an das Hutgestein und unmittelbar darüber angrenzende Bereiche gebunden. Gips als Kluftmaterial ist an das Hutgestein und den Gipskeuper gebunden. Die Klüfte im Steinmergelkeuper sind überwiegend calcitisch und dolomitisch mineralisiert. Hinsichtlich der Vollständigkeit der Kluftmineralisation wurde festgestellt, daß mit zunehmender Entfernung von den Randstörungen der Allertalzone der Anteil der partiell calcitisch mineralisierten Klüfte zunimmt. Da es sich bei die-

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

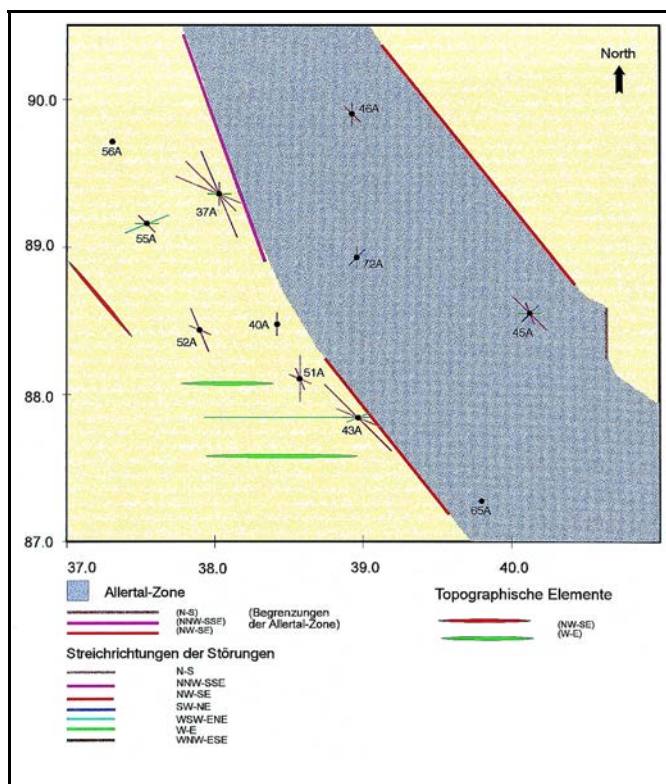
## Wissenschaftliche Kurzberichte



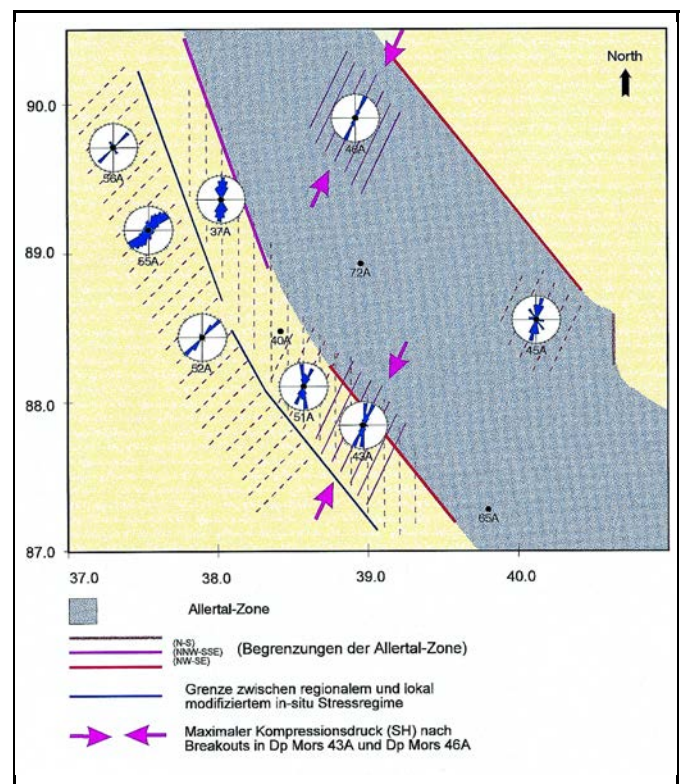
**Abbildung ET-17**  
Einfallsrichtungen der Keuper-zeitlichen Schichten.



**Abbildung ET-18**  
Einfallsrichtungen der Störungen nach CBIL.



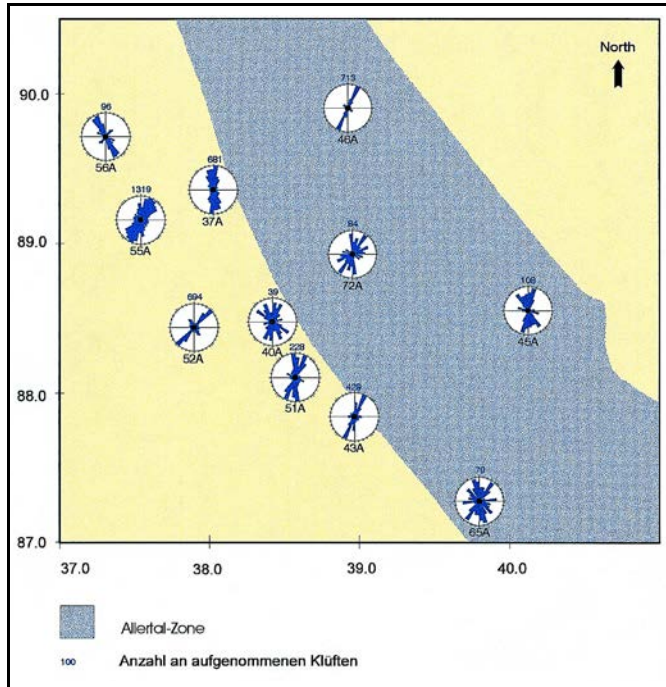
**Abbildung ET-19**  
Streichtrends nach CBIL.



**Abbildung ET-20**  
In-situ-Stressregime der Allertal-Zone nach CBIL.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte



**Abbildung ET-21**  
Steichen der nach CBIL identifizierten Klüfte.

sen Klüften um geschlossene Klüfte handelt, steht dieser Trend wahrscheinlich im Zusammenhang mit den abnehmenden Klüftweiten.

Grundsätzlich ist ein zunehmender Anteil nicht mineralisierter Klüften mit abnehmender Teufe zu verzeichnen. Die Ursache für diese Erscheinung kann einerseits in abnehmenden Klüftweiten infolge abnehmender tektonischer Einflüsse, andererseits in einem abnehmenden Angebot an gelösten Stoffen für die Bildung von Klüftmineralen gesehen werden.

Insgesamt ist festzustellen, daß die Durchführung und detaillierte Auswertung der CBIL-Messungen wesentliche Daten für die Interpretation der strukturellen Entwicklung und die Erfassung des Trennflächengefüges im Hinblick auf die hydrogeologische Auswertung geliefert hat. Die mit diesen Messungen erzielten Ergebnisse entsprechen den bereits von Best 1996 [1] getroffenen Aussagen zur Genese der Allertalstruktur.

[1] Best, G  
Floßtektonik in Norddeutschland: Erste Ergebnisse reflexionsseismischer Untersuchungen an der Salzstruktur „Oberes Allertal“. – Z. dt. geol. Ges. 147 (1996): 4, S. 455 – 464, 4 Abb.

### **Erfassung der Grundwasserentnahmen und Einleitungen in Vorfluter**

Auftragnehmer:  
Walter + Partner  
und Ingenieurgesellschaft  
BRP CONSULT GmbH

Projektleitung BfS: M. Beushausen

Zur Beschreibung der Wassernutzung im Umfeld des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) ist die Erfassung der Grundwasserentnahmen und Einleitungen in Vorfluter erforderlich.

Die Aufgabenstellung dieser Untersuchung war auf drei thematische Teilgebiete begrenzt.

- Recherchen zur Wassergewinnung und -einleitung sowie zum Tagebau: Im Untersuchungsgebiet wurden auf der Basis amtlicher Unterlagen die genehmigten maximalen Gewinnungs- und Einleitraten und die 1995 und 1996 tatsächlich geförderten Raten recherchiert. Die folgenden Anlagen und Flächen wurden erfaßt sowie in einer topographischen Karte dargestellt:
- Förderanlagen für Grund- und Oberflächenwasser,
- Wasserentnahmen, ihre Nutzung und deren Entwicklungstendenzen,
- Wassereinleitungen, ihre Nutzung und deren Entwicklungstendenzen,
- Trinkwasserschutzgebiete mit ihren Entwicklungstendenzen
- sowie Neuerrichtung, Erweiterung oder Stilllegung von Gewinnungsanlagen für oberflächennahe mineralische Rohstoffe und die damit verbundenen Wasserhaltungsmaßnahmen.
- Hydrologische Beschreibung der Oberflächengewässer: Im Untersuchungsgebiet wurden die mit dem Anlagengelände des ERAM in Beziehung stehenden Bäche, Flüsse und Teiche hinsichtlich ihrer Merkmale wie Art, räumliche Lage, Größe usw. sowie ihrer Entwicklungstendenzen bestimmt. Die gewässerkundlichen Hauptzahlen der Aller wurden recherchiert sowie hinsichtlich der beobachteten Minima und Maxima dokumentiert.
- Analyse von Hochwasserkenndaten der Aller: Durch eine statistische und wahrscheinlichkeitstheoretische Analyse in der Vergangenheit beobachteter Hochwasserkenndaten der Aller, die Bestimmung einer standardisierten Wahrscheinlichkeitsverteilung und deren Extrapolation wurden die Hochwässer der Aller mit 100jähriger (HQ<sub>100</sub>) und 1000jähriger (HQ<sub>1000</sub>) Wiederkehrzeit in Größe und Wahrscheinlichkeit abgeschätzt. Die resultierenden Überflutungsflächen wurden



# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

dargestellt. Daraufhin wurde geprüft, ob eine Überflutung des Betriebsgeländes ERAM durch Hochwasser möglich ist.

Das Untersuchungsgebiet um das ERAM wird durch das zwischen den Pegeln Weferlingen und Alleringersleben gelegene oberirdische Einzugsgebiet der Aller bestimmt. Es erstreckt sich 16,8 km entlang des SSE-NNW gerichteten Allertales, hat im Bereich von Groß Bartensleben in WSW-ENE-Richtung mit 10,5 km seine größte Breite und insgesamt eine flächenhafte Ausdehnung von 97,3 km<sup>2</sup>. Im Westen umfaßt das Untersuchungsgebiet wesentliche Teile der Hügelketten des Lappwaldes; im Osten erstreckt es sich auf die fast ebene Hochfläche der Weferlinger Triasplatte. Die Geländehöhen im Untersuchungsgebiet liegen zwischen 85 m NN (Pegel Weferlingen) und 208 m NN (Rodenberg, westl. Marienborn).

Die Analyse der akquirierten Daten in Hinblick auf die Untersuchungsziele erfolgte auf der Grundlage der aktuellen Topographischen Karte, die Darstellung aller Karten auf der Basis der Kartengrundlage: Rasterdaten Topographische Karte 1:50.000 Blätter L3730, L3732.

Die Recherchen und Berechnungen führten zu folgenden Ergebnissen:

Entnahmen (aus dem Grundwassereinzugsgebiet des Untersuchungsraumes):

- Trinkwasser:  
Es werden ca. 1,68 Mio. m<sup>3</sup>/a entnommen (davon mehr als 80 % aus dem Lappwald).
- Brauchwasser:  
Es werden ca. 1,00 Mio. m<sup>3</sup>/a entnommen (überwiegend für die Beregnung landwirtschaftlicher Nutzflächen und für die industrielle Produktion).
- Wasserhaltung:  
Zur Lagerstättenfreihaltung (oberflächennahe Rohstoffe) werden ca. 1,1 bis 1,5 Mio. m<sup>3</sup>/a gehoben.

Einleitungen:

- Ca. 1,1–1,5 Mio. m<sup>3</sup>/a aus der Lagerstättenfreihaltung werden in die Vorfluter rückgeleitet.

- Weniger als 60.000 m<sup>3</sup>/a aus Rückleitung der Industrie.
- Insgesamt ca. 520.000 m<sup>3</sup>/a an Einleitungen aus der Kläranlage Grasleben sowie den Kleinkläranlagen von Gemeinden und Privatpersonen.

Hochwasserkenndaten der Aller:

- Wahrscheinlichkeitstheoretische Analyse und Extrapolation von Hochwasserkenndaten der Aller für Hochwässer mit 100jähriger und 1000jähriger Wiederkehr: die Überflutung des Betriebsgeländes des ERAM durch ein 1000jähriges Hochwasser ist nicht möglich.

### Hydrologisches Untersuchungsprogramm Morsleben – Wasserhaushaltsbericht

Auftragnehmer:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz

Projektleitung BfG: M. Beushausen

Das Hydrologische Untersuchungsprogramm Morsleben (HUP) befaßt sich mit der Untersuchung der oberirdischen Gewässer um das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM). Es hat zum Ziel, diese Gewässer sowohl qualitativ als auch quantitativ zu erfassen.

Im einzelnen werden folgende Aufgabengebiete abgedeckt:

- quantitative und qualitative Erfassung der oberirdischen Abflüsse der Salzstruktur Allertal
- Beurteilung des Austausches zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser
- Bilanzierung des Gebietswasserhaushaltes.

Die für diese Aufgaben erforderlichen Meßeinrichtungen werden einerseits von entsprechenden Institutionen betrieben (z. B. Deutscher Wetterdienst DWD, Staatliches Amt für Umweltschutz Magdeburg StAU MD), andererseits sind die periodischen Meßstellen und der Pegel Walbeck eigens für das HUP installiert worden. Diese werden von der DBE betreut. In **Abbil-**

**dung ET-22** sind die betreffenden Meßstellen und die Erstreckung des Untersuchungsgebietes dargestellt.

Neben den Gewässergütemessungen des StAU MD, die monatliche Aufzeichnungen von physikalischen und chemischen Parametern beinhalten, sind an den periodischen Meßstellen von der DBE Messungen der Leitfähigkeit, der Temperatur und des pH-Wertes vorgenommen worden. Seit 1995 werden durch die DBE vierteljährlich an den Ausgängen der Teileinzugsgebiete bis Schwanefeld Proben zur Bestimmung der Gewässergüte durchgeführt.

Das Hydrologische Untersuchungsgebiet Morsleben liegt im Weser-Aller-Hügelland, im oberen Einzugsgebiet der Aller nahe Helmstedt. Begrenzt wird das Untersuchungsgebiet durch das Einzugsgebiet des Pegels Weferlingen/Aller im Norden bis zum Pegel Alleringersleben/Aller im Süden. Es hat eine flächenhafte Ausdehnung von etwa 97 km<sup>2</sup>. Nach Westen hin bildet das Landschaftsschutzgebiet Lappwald mit Kammlagen bis zu 200 m NN die Grenze. Nach Osten wird das Allertal durch die Weferlinger Triasplatte mit Höhenlagen von 140–170 m NN begrenzt. Das Untersuchungsgebiet erreicht Höhenlagen zwischen 80 und 170 m NN. Insgesamt hat es ein flachwelliges bis hügeliges Relief.

Begrenzt wird das Untersuchungsgebiet durch das Einzugsgebiet des Pegels Weferlingen/Aller bis zum Pegel Alleringersleben/Aller. Das Untersuchungsgebiet hat in seiner Längsausdehnung von Norden nach Süden eine Länge von 16,8 km und eine maximale Breite von 10,3 km. Die Aller tritt bei Alleringersleben in einer Höhe von 116 m NN in das Untersuchungsgebiet ein und verläßt es nach einer Lauflänge von 14,8 km in Weferlingen in einer Höhenlage von 85 m NN. Dies ergibt ein mittleres Fließgefälle von 2,1 m/1000 m.

Im Wasserhaushaltsbericht Morsleben sind Meßdaten aus dem Zeitraum 1988–1995 dargestellt und ausgewertet. Die einzelnen Komponenten des Wasserhaushaltes (Niederschlag P, reale Verdunstung E, Abfluß Q) werden jeweils für das Gesamtgebiet (Einzugsgebiet vom Pegel Alleringersleben bis Pegel Weferlingen) und für

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

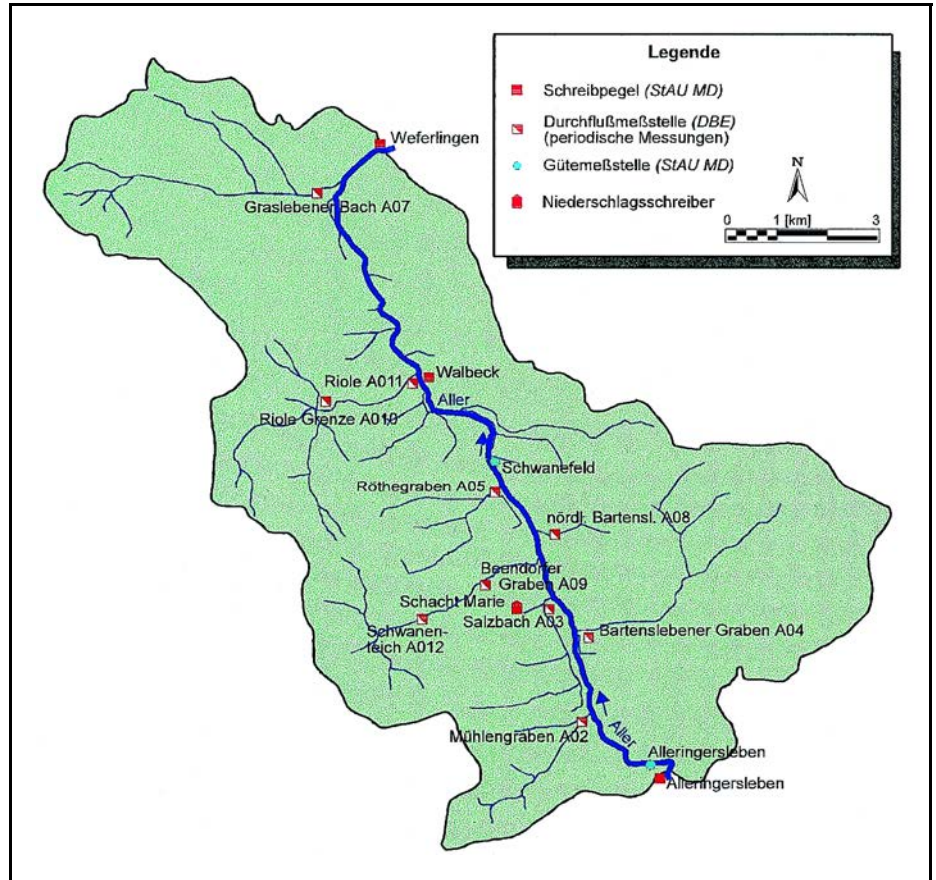
## Wissenschaftliche Kurzberichte

das Teilgebiet von Pegel Alleringersleben bis zur Gütemeßstelle Schwanefeld behandelt. Sie wurden unter Anwendung verschiedener Methoden erfaßt bzw. berechnet:

- **Gebietsniederschlag:** Berechnung nach der Rasterpunkt-Methode anhand von 15 DWD-Stationen durch den Deutschen Wetterdienst.
- **Potentielle Verdunstung:** Berechnung nach der Formel von Turc-Wendling.
- **Aktuelle Verdunstung:** Abschätzung mittels **Verdunstungskomponentensystem VEKOS**, einem Verfahren zur Berechnung der Gebietsverdunstung; das Modell basiert unabhängig von Einzugsgebietsgrenzen und Durchflußdaten auf der Verteilung der vorliegenden Landnutzung in Verbindung mit der jeweiligen Bodenart.
- **Abfluß:** Aufzeichnungen an insgesamt dreizehn Meßstellen, durch das StAU MD für die Pegel Weferlingen und Alleringersleben und durch die DBE an den periodischen Meßstellen
- **Simulationsberechnungen** für die Teileinzugsgebiete mittels **NASIM (Niederschlag-Abfluß-Simulationsmodell)**.
- **Grundwasserneubildung:** Berechnung erfolgt in erster Linie durch die Analyse der Abflußganglinien der Pegel Alleringersleben und Weferlingen (MoMNQ-Methode). Ergänzend dazu wird die Grundwasserneubildung durch den Einsatz der Modelle **GWD (Grundwasser-Dargebot)** und **NASIM** berechnet.

In der **Tabelle ET-10** sind die auf diese Weise ermittelten Ergebnisse für die Wasserbilanz  $P$  (Niederschlag) =  $Q$  (Abfluß) +  $E$  (Verdunstung) für unterschiedlich lange Betrachtungszeiten (Abflußjahre 1988 bis 1995 sowie 1972 bis 1995) für das gesamte Untersuchungsgebiet und für das Teileinzugsgebiet vom Pegel Alleringersleben bis zum Pegel Walbeck dargestellt.

Für die Bestimmung der Grundwasserneubildung als hydrogeologische Größe wurden verschiedene Verfahren eingesetzt, wobei jedes Verfahren seine individuellen Stärken besitzt. Es wurden auf diese Weise Ergebnisse von 96 bis 108 mm/a Neubildung (ohne Berücksichtigung der



**Abbildung ET-22**  
Lage der Meßstellen im Untersuchungsgebiet.

Abflußperiode 1989 – 1995			
	P (mm/a)	E (mm/a)	Q (mm/a)
Gesamtgebiet	678	511	167
Pegel Walbeck	674	523	151
Abflußperiode 1972 – 1995			
Gesamtgebiet	651	472	179
Pegel Walbeck	641	452	189

**Tabelle ET-10**  
Wasserbilanz des Gesamtgebietes und Teileinzugsgebietes bis zum Pegel Walbeck.

Grundwasserentnahmen) berechnet. Der genannte Schwankungsbereich liegt somit im Bereich der Meßungenauigkeiten der Eingangsgrößen. Die Analyse der Abflußganglinien (MoMNQ-Verfahren) stellt unter der Berücksich-

tigung der gegebenen Aufgabenstellung und der breiten, qualitativ sicheren Datenbasis die geeignetste Methode zur Berechnung der Grundwasserneubildung im Rahmen des hydrologischen Untersuchungsprogramms Morsleben dar.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### **Isotopen-, Edelgas- und Salinitäts-Untersuchungen an Grundwasserproben sowie am Porenwasser frischer Bohrkernproben aus dem Untersuchungsgebiet des ERAM**

Auftragnehmer:  
*Institut für Umweltp Physik  
 der Universität Heidelberg*

Projektleitung BfS: *M. Beushausen*

Im Rahmen des hydrogeologischen Untersuchungsprogramms 1994/95 wurden im Umfeld des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) zahlreiche Kernbohrungen abgeteuft und zu Grundwassermeßstellen ausgebaut. Durch Altersdatierungen von Grundwasserproben sowie Isotopen-, Salinitäts- und Edelgasuntersuchungen an Porenwasser in Sedimentproben sollte die Barrierewirkung, insbesondere des unteren Teils des Deckgebirges geklärt werden. In Gesteinsbereichen, in denen wegen ihrer geringen Durchlässigkeit und geringen Klüftigkeit keine Grundwasserproben genommen werden konnten, erfolgte mittels einer neuen Methode die Bestimmung von gelöstem Salz (Salinität), Deuterium und Sauerstoff ( $\delta^{18}\text{O}$ ) sowie Edelgasen im Porenwasser. Dazu wurde zunächst der Wassergehalt mittels Ofentrocknung und Vakuumdestillation bestimmt. Das zerkleinerte und vakuumgetrocknete Gesteinsmaterial wurde anschließend mit einer definierten Menge entionisierten Wassers bedeckt und über einen Zeitraum von vier Wochen ausgelaugt. Aus dem Verhältnis der Leachwassermenge und der im Gestein ursprünglich enthaltenen Porenwassermenge berechnete sich der Verdünnungsfaktor. Dieser wurde zur Rückrechnung der in der Leachlösung gemessenen Spurenstoffkonzentration auf die gesuchte Porenwasserkonzentration benötigt. Die Bestimmung der Salinität erfolgte über die Chloridtitration nach MOHR. Stabile Isotope (Deuterium und Sauerstoff) wurden massenspektrometrisch nachgewiesen.

Zur Bestimmung der Edelgase wurden die frischen Gesteinsproben in speziellen Behältern hermetisch abgeschlossen und evakuiert über einen Zeitraum von vier Wochen aufbewahrt. Während dieser Zeit wurden die Edelgase diffusiv freigesetzt und konnten somit über einen Extraktions teil dem Massenspektrometer zur Messung zugeführt werden.

Insgesamt führte die Universität Heidelberg im Rahmen ihres Auftrags die folgenden Untersuchungen durch:

- Untersuchungen an Grundwasserproben  
 An Grundwasserproben wurden isoto penhydrologisch die Daten für folgende Isotope bestimmt: Deuterium ( $\delta\text{D}$ ), Tritium (Bombentritium),  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $^{14}\text{C}$  und  $^{13}\text{C}$  sowie Edelgasanalysen durchgeführt.
- Untersuchungen an Porenlösungen aus Bohrkernproben  
 An Bohrkernproben aus 24 Bohrungen des Bohrprogrammes 1994/95 wurden Salinitäts-, stabile Isotopen- ( $\delta\text{D}$  und  $\delta^{18}\text{O}$ ) sowie Edelgasbestimmungen (Helium) durchgeführt. Mit Hinblick auf die Fragestellung wurden derartige Untersuchungen erstmals verwirklicht.

Die Salinitäts-, Isotopen- und Heliumprofile der untersuchten Proben zeigen klar strukturierte Verläufe, die sich als zonierte Porenwasseralter verstehen lassen. Die oberen Sedimentschichten enthalten gering mineralisierte Porenwässer, die aufgrund ihrer einheitlichen  $\delta$  Deuterium- und  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte als holozäne Wässer einzustufen sind. Darunter folgen Sedimente mit etwas stärker mineralisiertem Porenwasser, welches signifikant geringere  $\delta$  Deuterium- und  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte aufweist als die holozänen Wässer darüber. Diese isotopisch abgereicherten Wässer sind während der letzten Kaltzeit entstanden. Das kalteitliche Alter wird durch das akkumulierte Helium gestützt. In noch größeren Tiefen steigen die  $\delta$  Deuterium- und  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte an, bis auf Größen, die für Formationswässer typisch sind. Auch die Heliumprofile zeigen einen großen Anstieg der He-Konzentrationen, wodurch ein weiterer Hinweis auf ein sehr hohes Alter der Porenwässer gegeben ist.

### **Ermittlung der boden- und nutzungsspezifischen Jahreswerte der Grundwasserneubildung im Raum des ERAM**

Auftragnehmer: *GFE GmbH, Halle*

Projektleitung BfS: *M. Ranft*

Zur weiteren Standorterkundung war die Ermittlung der Grundwasserneubildungsraten im Raum des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) erforderlich. Die Ergebnisse fließen in die hydrogeologische Standortbeschreibung ein und dienen als Eingangsdaten für die hydrogeologische Modellierung.

Die Bearbeitung des Vorhabens vollzog sich in zwei Phasen. In der ersten Phase erfolgte, entsprechend einer Beauftragung durch die BGR, die Bearbeitung des Untersuchungsgebietes westlich der Aller und eines repräsentativen Untersuchungsstreifens östlich der Aller. In einer zweiten Phase wurde ein erweitertes Untersuchungsgebiet auf der Weferlinger Triasplatte östlich der Aller bearbeitet.

Insgesamt umfaßten die in den Jahren 1993 – 1994 und 1997 durchgeführten Arbeiten ein Areal von 50,1 km<sup>2</sup> (**Abbildung ET-23**). Dieses Gebiet entspricht im wesentlichen dem engeren hydrogeologischen Modellgebiet und umfaßt das oberirdische Einzugsgebiet der Aller zwischen Alleringersleben im Süden und Schwanefeld im Norden. Das Areal hat Anteil an den Reliefeinheiten des Lappwaldes (westlich des Allertales), des Allertales und der Weferlinger Triasplatte (östlich des Allertales). Hydrographisch fällt das Untersuchungsgebiet dem Einzugsgebiet der Weser zu und wird durch die Aller als Vorfluter entwässert.

Ausgangspunkt für die Ermittlung der Grundwasserneubildungsraten im Untersuchungsgebiet war eine detaillierte Bodenkartierung mittels Schürfgruben und Sondierungen sowie die Ermittlung bodenphysikalischer und -chemischer Parameter an Bodenproben im Labor. Nach der Bodenkartierung lassen sich zwei Bereiche unterscheiden: Grundwasserferne Bereiche weisen einen Gw-Flurabstand

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

> 2 m, grundwasserbeeinflusste Bereiche einen Gw-Flurabstand < 2 m auf. Im Bereich der grundwasserfernen Bereiche (im Lappwald, auf der Weferlinger Triasplatte, Hangbereiche der Lappwaldtäler bzw. im Übergangsbereich zwischen Lappwald und Allertal) herrschen terrestrische Böden vor. Diese treten, je nach Ausgangssubstrat, als Braunerden, Parabraunerden, Fahlerden, Podsole und Regosole auf. Bei Staunässebeeinflussung durch tonige oder schluffige Sedimente bilden sich Pseudogleye aus. Im Bereich der grundwasserbeeinflussten Standorte (untere Teile der Lappwaldtäler und im Allertal) kommen überwiegend Gleye, bzw. in Lößverbreitungsgebieten Fahlerde-Gleye, vor.

Auf Grundlage der Kartierungsergebnisse, vorliegender Karten und Daten zur Flächennutzung, zum Klima und unter Einbeziehung morphogenetischer Merkmale (z. B. Hangneigungen) wurden 492 Berechnungseinheiten (Teilflächen) zur Ermittlung der Grundwasserneubildung abgegrenzt.

Für diese Einheiten wurden die jährlichen Grundwasserneubildungsraten nach Renger & Strebel [1] berechnet. Da dieses Verfahren i.d.R. nur an ebenen Standorten Anwendung findet, wurde der Einfluß von Exposition und Hangneigung auf die Versickerung nach Renger & Wessolek [2] berücksichtigt.

Für das gesamte Untersuchungsgebiet ergibt sich danach eine mittlere jährliche Grundwasserneubildungsrate von 87 mm/a bzw. 2,75 l/s pro km<sup>2</sup>. Im höher gelegenen und etwas niederschlagsreicheren Teilgebiet westlich der Aller wurde eine mittlere jährliche Neubildungsrate von 90 mm/a bzw. 2,85 l/s pro km<sup>2</sup> berechnet, wobei in diesem Teilgebiet die Flächennutzung (Acker- vs. Waldflächen) ausschlaggebend für die flächendifferenzierte Neubildungsrate ist.

Im niederschlagsärmeren Untersuchungsbereich östlich der Aller ergaben sich durchschnittliche Neubildungsraten von 84 mm/a bzw. 2,66 l/s pro km<sup>2</sup>.

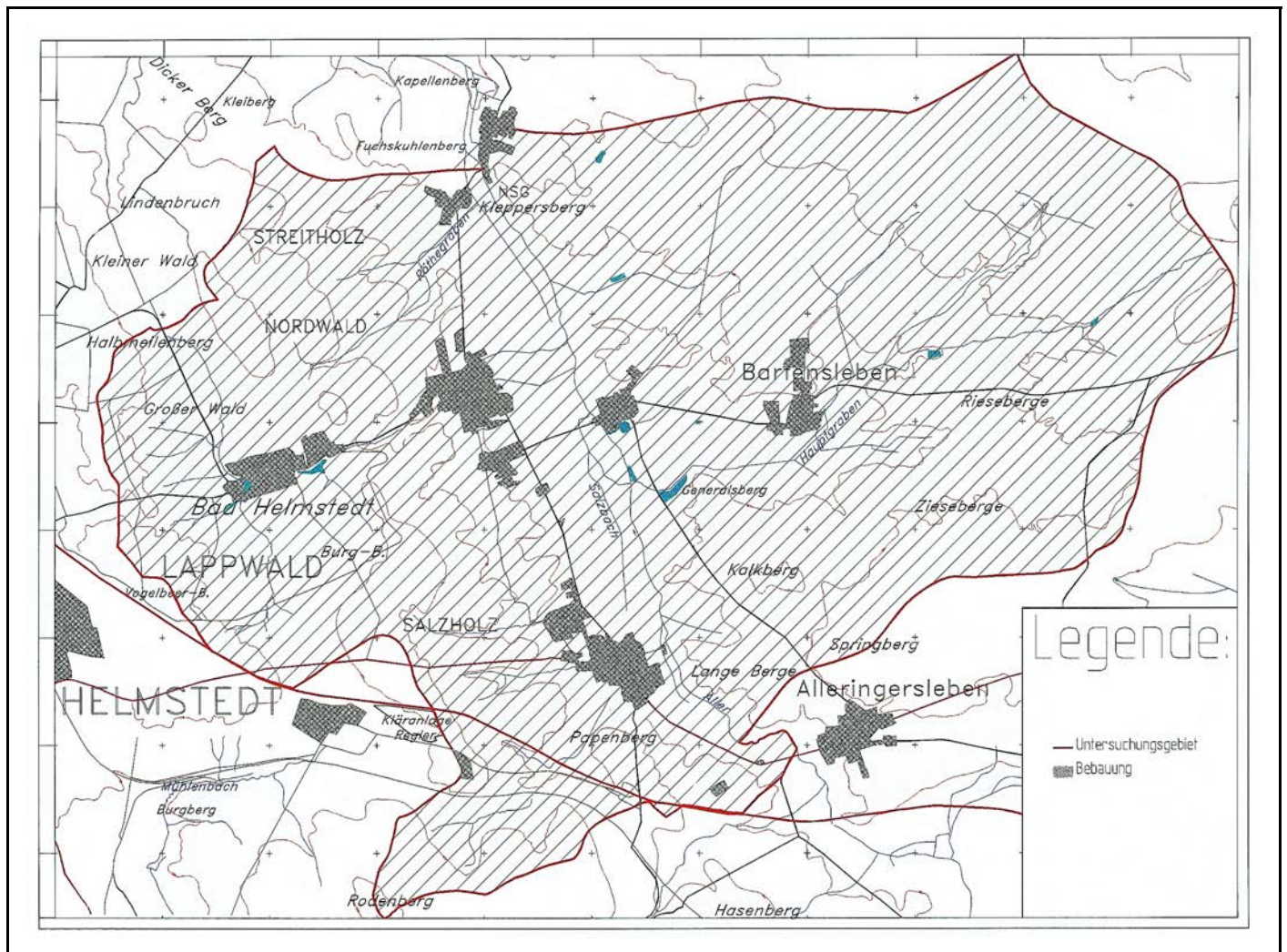


Abbildung ET-23  
Bearbeitungsareal.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

Durch die flächendifferenzierte Ermittlung der boden- und nutzungsspezifischen Jahreswerte der Grundwasserneubildung konnten wesentliche Eingangsdaten für die hydrogeologische Modellbildung am Standort des ERAM gewonnen werden. Des Weiteren finden die hier ermittelten Daten Eingang in eine adäquate hydrogeologische Standortbeschreibung.

- [1] Renger, M.; Strelbel, O.  
Jährliche Grundwasserneubildung in Abhängigkeit von Bodennutzung und Bodeneigenschaften. Wasser und Boden 32 (1980), S. 362–366
- [2] Renger, M.; Wessolek, G.  
Qualitative Aspekte zur Nitratverlagerung. Mittl. d. Dt. Bodenkundl. Gesellschaft 68 (1992)

---

### **Bestimmung von in-situ $K_d$ -Werten im Deckgebirge des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM)**

---

Auftragnehmer:  
Forschungszentrum Karlsruhe,  
Institut für Nukleare Entsorgungstechnik,  
Projektleitung: Dr. H. Geckeis

Projektleitung BfS: A. Hollmann

In Grundwasser- und Sedimentproben aus dem Deckgebirge des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben wurde die Verteilung natürlich vorkommender chemischer Homologe langlebiger Spaltprodukte und Aktiniden zwischen gelöster und fester Geomatrix untersucht. Aus der Analyse von Grundwasser-, Porenwasser und Sedimentproben ergeben sich für die Elemente Re, U, Th, La, Ce, Ra, Sr und Cs in-situ Assoziationskonstanten, die im Allgemeinen mit dem Gehalt an Fe-haltigen Mineralien, Tonmaterialien und  $\text{CaCO}_3$  in der Geomatrix ansteigen.

Die in-situ  $K_d$ -Werte zeigen, verglichen mit an denselben und vergleichbaren Systemen im Labor bestimmten Sorptionskonstanten ( $R_s$ -Werten) einen ähnlichen elementspezifischen Trend, liegen jedoch im Allgemeinen um 2 bis 3 Größenordnungen

höher. Die möglichen Gründe für die unterschiedlichen Verteilungskoeffizienten werden unter dem Aspekt unterschiedlicher Sorptionsmechanismen diskutiert. Labor  $K_d$ -Werte geben lediglich die durch eine reversible Oberflächensorption bedingten Verteilungen wieder.

Die Charakterisierung der einzelnen Kornfraktionen und die Anwendung eines selektiven Extraktionsverfahrens zeigen jedoch, daß signifikante Anteile an Sr, SEE, U, Th in Calcit bzw. zusammen mit Cs in Fe-haltigen Tonmineralien eingebaut vorliegen und damit weitgehend immobilisiert sind. In-situ  $K_d$ -Werte, die sich auf die von der Mineraloberfläche mit Essigsäure abgelösten Anteile der Spurenelemente beziehen, liegen für die Systeme, die calcitfreie Sedimente enthalten, recht gut in dem Größenordnungsbereich von Labor  $K_d$ -Werten. Unter der Annahme, daß in den calcitfreien Sedimenten in diesem Extraktionsschritt nur oberflächensorbierte Spezies extrahiert werden, bestätigen die in-situ  $K_d$ -Werte die Labor  $K_d$ -Werte in ihrer Größenordnung. Die in den unkorrigierten in-situ  $K_d$ -Werten erfaßten, in geologischen Zeiträumen ablaufenden Sorptionsphänomene wie Mitfällung in Calcit- und Silikatschichten sowie Diffusion in Tonmineral-Zwischenschichten der Geomatrix stellen neben der Oberflächensorption möglicherweise eine nicht unwesentliche Barrierefunktion des Deckgebirges dar. Um eine Abschätzung der Relevanz solcher Prozesse machen zu können, sind jedoch genauere Kenntnisse zu den Verwitterungsvorgängen und -raten im Aquifer erforderlich.

Natürliche Grundwasserkolloide im Submikrometerbereich konnten sowohl durch Ultrazentrifugation sowie Ultrafiltration und Untersuchung der Filter mittels REM nicht eindeutig detektiert werden. Filtrier- bzw. zentrifugierbare Anteile wurden zwar für die SEE, Th und teilweise für Zr gefunden, jedoch lassen sich experimentelle Artefakte nicht ausschließen. Mit Hilfe der laserinduzierten Break-down Detektion wurden Konzentrationen und Teilchendurchmesser von Kolloiden (Durchmesser  $< 200$  nm) im Bereich  $< 10^7$  Partikel/ml abgeschätzt. Dies sind ähnlich niedrige Konzentrationen, wie sie z. B. in granitischen Wässern nachgewiesen wurden.

Die Partikelkonzentrationen zeigen eine ansteigende Tendenz mit abnehmendem Salzgehalt der Wässer, während gleichzeitig die Partikeldurchmesser abnehmen. Dies steht im Einklang mit der in der Literatur bekannten Tatsache, daß Kolloide in Wässern mit hohen Ionenstärken und der Anwesenheit hoher Konzentrationen an  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  eine geringere Stabilität aufweisen und zur Koagulation neigen.

---

### **Nuklidmigration im Deckgebirge des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM)**

---

Auftragnehmer:  
Forschungszentrum Karlsruhe,  
Institut für Nukleare Entsorgungstechnik,  
Projektleitung: Dr. K. Gompper

Projektleitung BfS: A. Hollmann

1. Sorption im Grubengebäude  
Im Rahmen dieser Experimente wurde die Sorption relevanter Radionuklide an Morsleben-Salz, Braunkohlefilterasche (BFA), Na-Bentonit und Ca-Bentonit untersucht. Als flüssige Phase wurden zwei endlagertypische Salzlösungen eingesetzt. Pu zeigt im System BFA/quinäre Lauge die höchste bei den Versuchen gemessene Sorption mit rund 5700 ml/g. Der Einfluß der Komplexbildner ist deutlich. In Gegenwart von 1 E-3 mol/l EDTA beträgt der Sorptionskoeffizient nur noch 60 ml/g. Auch für Th, Np und U wurde in BFA/quinärer Lauge eine hohe Sorption gemessen.

2. Sorption im Deckgebirge  
Es wurde das Sorptionsverhalten relevanter Radionuklide an 10 Systemen ausgewählter Sedimente und zugehöriger Grundwässer des Deckgebirges über dem Endlager untersucht. Pu wird in allen untersuchten Systemen vollständig sorbiert. Bei einigen Systemen bewirkt der Zusatz von 1 E-3 mol/l EDTA eine Verringerung der Sorption. Die ermittelten Sorptionskoeffizienten für Th liegen im Bereich 3 bis  $\geq 81$ . Ein Einfluß der Komplexbildner wird nur in einem Fall beobachtet. Np wird in den meisten Systemen vollständig sor-

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

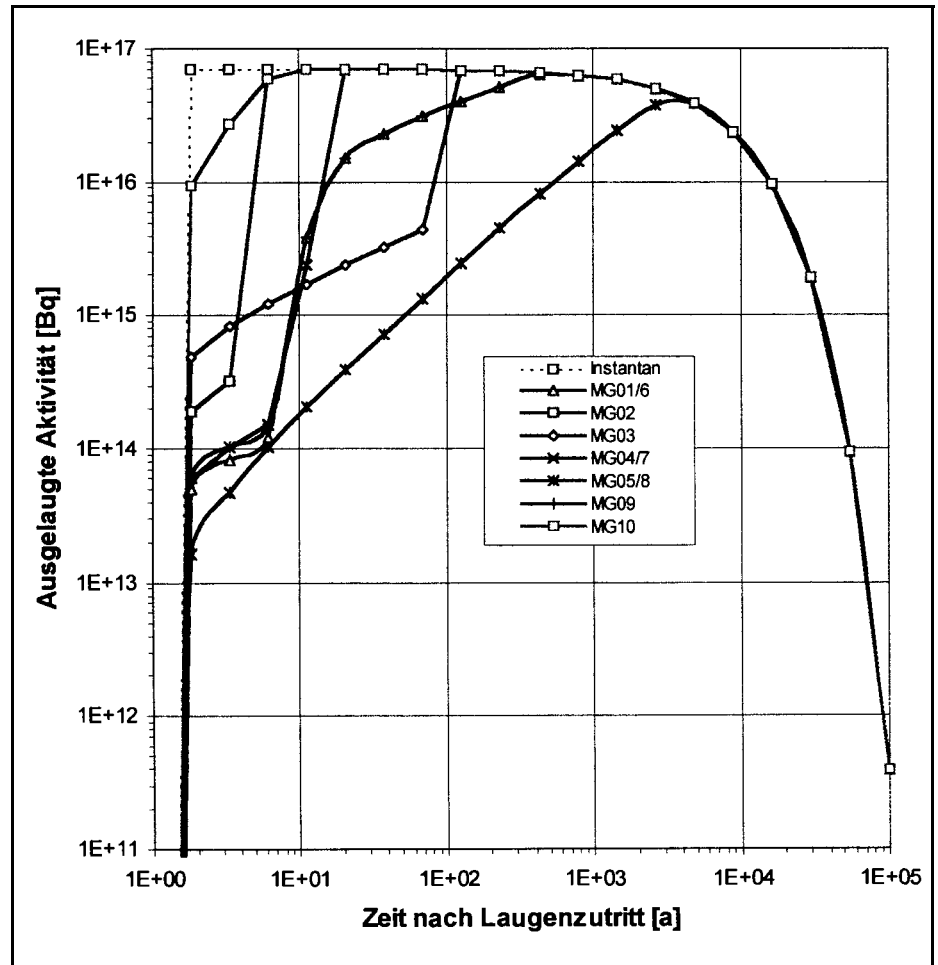
biert. Durch Extraktion des Bodenkörpers konnte gezeigt werden, daß die hohe Sorption auf die Bildung von Np(IV) zurückzuführen ist. In zwei Systemen erniedrigt sich die Sorption bei 1E-3 mol/l EDTA. Die U-Sorption ist in 7 der 10 untersuchten Systeme gering. Die  $R_s$ -Werte betragen zwischen 1 ml/g und 18 ml/g. Ein geringer Einfluß von Komplexbildnern läßt sich in einigen Fällen für 1 E-3 mol/l EDTA feststellen.

### Auslaugung von Radionukliden aus Abfallgebinden unter den Bedingungen des ERAM

Auftragnehmer: NUKEM GmbH, Alzenau

Projektleitung: W. Noack

Zur Sicherheitsbewertung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) für die Nachbetriebsphase ist die Kenntnis der Radionuklidfreisetzung aus den Abfallgebinden für einen unterstellten Laugenzutritt erforderlich. Das Ziel der von der NUKEM GmbH in den Jahren 1995/96 durchgeführten Arbeiten bestand in der Ermittlung des zeitabhängigen Quellterms der Aktivitätskonzentration für die relevanten Radionuklide, wobei die einzelnen Einlagerungsbereiche und weitere Randbedingungen des ERAM Berücksichtigung finden sollten. Vor diesem Hintergrund war ein Rechenprogramm bereitzustellen, das die Adaption an die im BfS existierende Datenbank, in der die fortschreitende Einlagerung von Abfallgebinden dokumentiert wird, garantiert. Weiterhin sollte das Rechenprogramm die Aktualisierung der Randbedingungen ermöglichen. Die Datenbasis für die Berechnung der Radionuklidfreisetzung beinhaltet Angaben zu den Abfallgebinden wie Aktivitätsinventare, stoffliche Zusammensetzung und Behälterdaten, die Beschreibung der Einlagerungsbereiche sowie Daten zum Versatzmaterial. Weitere Randbedingungen sind durch die Gebirgskonvergenzrate, Gebirgsdruck und Temperatur charakterisiert. Eine zentrale Stellung nehmen die radionuklid- bzw. elementspezifischen Daten wie Auslaugraten bzw. Diffusionskonstanten und Löslichkeitsgrenzen ein, die in



**Abbildung ET-24:**  
C-14-Aktivitätsauslaugung in Abhängigkeit von der Zeit für die Mobilisierungsgruppen 1 bis 10. (Laugenzutritt: 5000 a nach der Einlagerung, Ausgangsaktivität: 1,0E+17 Bq)

die Berechnungsmodelle eingehen. Neben dem Tritium wurden insgesamt 29 Elemente (Ac, Am, Bi, C, Ca, Cl, Cm, Co, Cs, I, Mo, Nb, Ni, Np, Pa, Pb, Pd, Po, Pu, Ra, Rb, Se, Sm, Sn, Sr, Tc, Th, U und Zr) betrachtet. Für die Rechnungen wurde vorausgesetzt, daß die in den Resthohlräumen unterstellte Lauge als Auslaugmedium zur Verfügung steht. Der Resthohlraum einer Einlagerungskammer wird unter Einbeziehung der eingebrachten Gebinde- und Versatzvolumina und deren Porositäten sowie der Gebirgskonvergenz ermittelt. Als Begrenzung der Radionuklid-auslaugung wurden die Löslichkeitsgrenzen für die Elemente unter Berücksichtigung der nichtradioaktiven Bestandteile in

Fixierungsmitteln, Behältermaterialien und Versatzstoffen betrachtet.

Zur Modellierung der Radionuklid-auslaugung wurden 10 Mobilisierungsgruppen definiert, die jeweils Abfälle mit näherungsweise gleichen Modellansätzen beschreiben. Die Modelle basieren auf Quelltermansätzen, die der Literatur entnommen wurden, wobei als aufeinanderfolgende Prozesse das diffusive (proportional  $t^{0,5}$ ) und das korrosive Auslaugverhalten (proportional  $t$ ) die Zeitabhängigkeit charakterisieren. Die Dauer der Prozesse ist von der Mobilisierungsgruppe abhängig; sie wurde ebenso wie die radionuklidspezifischen Diffusionskonstanten und Auslaug-

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

raten der Literatur entnommen oder mit begründeten Annahmen abgeschätzt. Die Mobilisierungsmodelle unterscheiden sich je nach verwendetem Ansatz durch die

- unterschiedlichen Zeiträume für die diffusive Auslaugphase,
- die Oberflächen-Volumen-Verhältnisse der Abfallprodukte sowie
- die elementabhängigen bzw. -unabhängigen Auslaugraten.

Neben der Berücksichtigung des radioaktiven Zerfalls kann in den Rechnungen die Auslaugung der bei den Zerfallsreihen entstehenden Tochternuklide berücksichtigt werden. Als Arbeitsergebnis liegt das Programmsystem SARA (Salzlösungsbedingte Auslaugung von Radioaktiven Abfällen) vor. Die Ergebnisse der Rechnungen werden als Excel-Datei abgelegt, die die Zeitabhängigkeit in Form von Tabellen und Graphiken für die ausgelaugte Aktivität und Masse sowie Aktivitätskonzentration in der Lauge umfaßt. Als Beispiel einer Testrechnung zeigt die **Abbildung ET-24** die ausgelaugte Aktivität in Abhängigkeit von der Zeit für das Radionuklid C-14 und die verschiedenen Mobilisierungsgruppen. Die Anfangsaktivität wurde dabei fiktiv auf den Wert  $1,0E+17$  Bq gesetzt und der Laugenzutritt erfolgt 5000 a nach Beendigung der Einlagerung.

### Novellierung der Endlager-vorausleistungsverordnung\*

H.-U. Baeker, P. Brennecke, M. Brinkmann, D. Hofer, A. Hollmann, W. Noack

Zur Deckung des notwendigen Aufwandes für die Planung, den Erwerb von Grundstücken und Rechten, die anlagenbezogene Forschung und Entwicklung sowie die Errichtung von Endlagern werden nach der Endlagervorausleistungsverordnung (EndlagerVIV) Vorausleistungen von denjenigen erhoben, die zur Ablieferung von radioaktiven Abfällen an eine Anlage

des Bundes nach § 9a Abs. 3 AtG verpflichtet sind. Die EndlagerVIV regelt insbesondere die Ermittlung und Verteilung des notwendigen Aufwandes. Nachdem sie in den Jahren 1986 und 1990 geändert worden war, hatte das BMU mit Unterstützung durch das BfS aufgrund der seitdem gewonnenen Erfahrungen und neuerer Erkenntnisse einen Entwurf für eine dritte Verordnung zur Novellierung der EndlagerVIV erarbeitet, der durch das Bundeskabinett am 16. Juli 1997 verabschiedet wurde. Die Beratung dieses Entwurfes in den verschiedenen Ausschüssen des Deutschen Bundesrates wurden 1997 nicht abgeschlossen. Das Novellierungsverfahren war von der Bundesregierung eingeleitet worden, um das Erhebungsverfahren unter Berücksichtigung des Prinzips der Beitragsgerechtigkeit zu optimieren, die Vorausleistungen möglichst an die zukünftigen Beiträge anzupassen und das Verursacherprinzip verstärkt zur Geltung zu bringen.

Nach dem Entwurf für eine dritte Verordnung zur Novellierung der EndlagerVIV soll die Verteilung zukünftig verursachergerecht nach zwei unterschiedlichen Verteilungsschlüsseln jeweils für ein Endlagerprojekt für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (Konrad) und ein Endlagerprojekt für alle Arten radioaktiver Abfälle (Gorleben) getrennt erfolgen. Auf der Basis aktualisierter Angaben über den zukünftig zu erwartenden Anfall radioaktiver Abfälle bis zum Jahr 2080 sind vom BfS zwei Verteilerschlüssel erarbeitet worden, die den jeweiligen Gegebenheiten der beiden geplanten Anlagen Rechnung tragen. Der für das Endlager Konrad abgeleitete Schlüssel basiert verursachergerecht auf dem zu erwartenden Abfallgebundevolumen, während der für das Endlagerprojekt Gorleben abgeleitete Schlüssel zusätzlich das benötigte Salzstockvolumen und die Radiotoxizität der Abfälle berücksichtigt.

Von dem bisher geltenden Verteilungsschlüssel weichen die neu berechneten Schlüssel deutlich ab. Deshalb ist in dem Novellierungsentwurf vorgesehen, für die Bemessungszeiträume 1977 bis 1996 die Vorausleistungen aufgrund der zu ändernden Erhebung des notwendigen Aufwandes neu zu berechnen und danach bisher

erfolgte Über- bzw. Unterzahlungen auszugleichen. Diese rückwirkende Neuberechnung für die o. a. Bemessungszeiträume wurde vom BfS 1997 vorbereitet; für die diesbezügliche Umsetzung ist nach dem Novellierungsentwurf ein Anpassungszeitraum von drei Jahren vorgesehen. Darüber hinaus ist die regelmäßige Überprüfung der Verteilungsschlüssel und – sofern aufgrund zukünftiger Entwicklungen erforderlich – die Anpassung der EndlagerVIV beabsichtigt. Alle diese Maßnahmen sind darauf ausgerichtet, insbesondere dem Grundsatz der Beitragsgerechtigkeit zu dienen.

### Erhebung radioaktiver Reststoffe für das Jahr 1996

Bearbeiter: Almut Hollmann

In Deutschland fallen radioaktive Reststoffe im nuklearen Kernbrennstoffkreislauf, im Bereich von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, bei der Radioisotopenanwendung in Gewerbe, Forschung, Medizin und bei der Bundeswehr sowie bei der Stilllegung und dem Abbau kerntechnischer Einrichtungen an. Das BfS erhebt seit 1984 in jedem Jahr den Bestand an unbehandelten radioaktiven Reststoffen sowie Bestand, Anfall, Zwischenlagerung und Prognose der im Folgejahr zu erwartenden konditionierten radioaktiven Abfälle. Die Daten werden in einem Bericht zusammengestellt. Auf der Basis der Recherchen und zusätzlicher Anfragen bei den Abfallverursachern wird darüber hinaus eine Prognose des Anfalls radioaktiver Abfälle erstellt. Diese Prognosen sind im Hinblick auf die Planung ausreichender Zwischen- und Endlagerkapazitäten erforderlich. Eine Abfallflußkontrolle wird vom BfS nicht durchgeführt; diese Aufgabe wird von den zuständigen atomrechtlichen Behörden der Länder ausgeübt. Das im Januar 1997 verschickte Formblatt für die Abfallerhebung 1996 beinhaltete die Abfrage nach

- Bestand an unbehandelten Reststoffen am 31. Dezember 1996;

\* Der Bundesrat beschloß am 27. März 1998 der Verordnung nicht zuzustimmen.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

- Bestand am 31. Dezember 1996 und Anfall im Jahr 1996 an behandelten Abfällen und zwar
  - Zwischenprodukte, die noch einer weiteren Behandlung zur Herstellung eines Abfallproduktes bedürfen;
  - Abfallprodukte, die voraussichtlich keiner weiteren Behandlung unterliegen;
- Prognose für das Jahr 1997
- Lagerkapazität und Auslastung.

Im Rahmen der Umfrage wurden die Angaben von 62 Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen ausgewertet. Die **Tabelle ET-11** enthält eine Übersicht über das Aufkommen radioaktiver Reststoffe im Zeitraum 1984 bis 1996.

Der Bestand an Zwischenprodukten, die noch einer weiteren Behandlung zur Herstellung eines Abfallproduktes bedürfen,

betrug am 31. Dezember 1996 ca. 2600 m<sup>3</sup>, der Anfall an Zwischenprodukten im Jahr 1996 betrug ca. 400 m<sup>3</sup>.

Der Anfall konditionierter Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung im Jahr 1996 versteht sich als Differenz zwischen dem Bestand am 31. Dezember 1996 und dem Bestand am 31. Dezember 1995 unter Berücksichtigung der im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) eingelagerten Mengen. Dieser Anfall kann aus in 1996 konditionierten Betriebsabfällen, aus Stilllegungsabfällen sowie aus der Konditionierung von zwischenlagernden Rohabfall-Beständen und Abfällen aus der Umkonditionierung bestehen. Auch eine Verpackung des Abfalls in endlagerfähige Abfallgebände ist eine Konditionierung. Die Angaben zu konditionierten Abfällen beziehen sich stets auf das Abfallgebändevolumen, d. h., es werden die Außenabmessungen der Behälter zugrunde gelegt, da diese relevant für die Einlagerung in einem Endlagerbergwerk

sind. Der Anfall konditionierter radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung im Jahr 1996 betrug mehr als das Doppelte des Anfalls im Jahr 1995. Die Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen haben sich verstärkt um eine Endlagerung ihrer Abfälle im ERAM bemüht. Der Mittelwert für den Anfall konditionierter Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung für alle Verursachergruppen beträgt für die Jahre 1984 bis 1996 ca. 4500 m<sup>3</sup>.

Der Bestand an konditionierten Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung von ca. 61.790 m<sup>3</sup> teilt sich wie folgt auf die Gruppen der Ablieferungspflichtigen auf (ca.-Werte): 47 % auf die Forschungszentren, 4 % auf die Industrie, 22 % auf die Kernkraftwerke, 6 % auf stillgelegte Kernkraftwerke, 3 % auf Landes-sammelstellen und 18 % auf die Wiederaufarbeitung. Der Anfall verteilt sich zu 17 % auf die Forschungszentren, 4 % auf die Industrie, 38 % auf die Kernkraftwerke,

Abfallerhebung	unbehandelte Reststoffe <sup>*)</sup>	konditionierte Abfälle			
		vernachlässigbar wärmeentwickelnd		wärmeentwickelnd	
		Bestand am Jahresende	Anfall	Bestand am Jahresende	Anfall
1984	6350	24930	4146	184	19
1985	5416	29347	4593	213	29
1986	5039	33606	4596	249	36
1987	7662	37504	4225	416	46
1988	10694	40248	3449	463	37
1989	11671	43940	3719	480	28
1990	14875	49997	6878 <sup>1)</sup>	573	93
1991	18076	54930	5098 <sup>2)</sup>	607	36
1992	27780	58405	3493	612	5
1993	27556	61322	4072	1372	760
1994	26266	63180	3802 <sup>3)</sup>	1623	276
1995	30107	60798	3376 <sup>4)</sup>	1928	305
1996	27611	61789	8352 <sup>5)</sup>	1774	-154

\*) vernachlässigbar wärmeentwickelnd  
 1) hiervon wurden 708 m<sup>3</sup> im ERAM endgelagert  
 2) hiervon wurden 49 m<sup>3</sup> im ERAM endgelagert  
 3) 1842 m<sup>3</sup> wurden im ERAM endgelagert  
 4) 5758 m<sup>3</sup> wurden im ERAM endgelagert  
 5) 7361 m<sup>3</sup> wurden im ERAM endgelagert

**Tabelle ET-11:**  
 Aufkommen radioaktiver Reststoffe in m<sup>3</sup> im Zeitraum 1984 bis 1996.



# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

34 % auf die stillgelegten Kernkraftwerke, 4 % auf Landessammelstellen und 3 % auf die Wiederaufarbeitung.

Der Bestand an wärmeentwickelnden Abfällen von 1773 m<sup>3</sup> teilt sich wie folgt auf die Gruppen der Ablieferungspflichtigen auf: 9 % auf die Forschungszentren, 71 % auf die stillgelegten Kernkraftwerke, 2 % auf die Landessammelstellen und 18 % auf die Wiederaufarbeitung. Im Bestand an wärmeentwickelnden Abfällen sind keine ausgedienten Brennelemente enthalten. Im Jahr 1996 sind erstmals Kokillen aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken im Ausland zurückgeliefert worden. Der Bestand an wärmeentwickelnden Abfällen hat abgenommen. Der Rückgang resultiert aus der Änderung der Zuordnung wärmeentwickelnd – vernachlässigbar wärmeentwickelnd auf der Basis der Endlagerungsbedingungen für das Projekt Konrad. Daher ergibt sich ein Minuswert für den Anfall wärmeentwickelnder Abfälle.

Die Prognose der Ablieferungspflichtigen für den Anfall konditionierter Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung im Jahr 1997 beträgt ca. 9200 m<sup>3</sup>. Aufgrund der stark geänderten Randbedingungen im Hinblick auf die Nutzung der Kernenergie sind die Volumina der prognostizierten Abfallvolumina in den vergangenen Jahren immer weiter zurückgegangen. Die aktuelle Prognose geht von einem Bestand vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle im Jahr 2080 von ca. 360.000 m<sup>3</sup> sowie von einem Bestand wärmeentwickelnder Abfälle von ca. 49.000 m<sup>3</sup> aus.

Die vorhandene Zwischenlagerkapazität für konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung beträgt ca. 156.000 m<sup>3</sup> Abfallgebinderolumen. Es ergibt sich ein integraler Ausnutzungsgrad der Zwischenlager von ca. 39 %. Ein Engpaß für die Zwischenlagerung ist derzeit nicht zu erwarten; erst nach Außerbetriebnahme des ERAM im Jahr 2000 könnte dieser entstehen, wenn kein weiteres Endlager in Betrieb geht. Dies würde nach derzeitigen Schätzungen für die kerntechnische Industrie zutreffen, da Abfälle dieser Verursachergruppe wegen des die zulässigen Grenzwerte überschreitenden Gehalts an Alphastrahlern

nicht im ERAM eingelagert werden können. Die Zwischenlagerkapazität wird sich durch die Inbetriebnahme des Zwischenlagers Nord (ZLN) stark erhöhen. Die Inbetriebnahme von Halle 7 wurde am 4. März 1996 genehmigt. Die Nutzung dieses Zwischenlagers mit einer Kapazität von 200.000 m<sup>3</sup> wird sich auf die Lagerung von Großkomponenten aus dem Abriß der Kernkraftwerke Greifswald und Rheinsberg beschränken.

Die vorhandene Lagerkapazität für wärmeentwickelnde Abfälle beträgt ca. 895 m<sup>3</sup> Abfallgebinderolumen, der Ausnutzungsgrad beträgt ca. 67 %. Für die Rückführung des HAW aus Frankreich und Großbritannien sowie für die Zwischenlagerung ausgedienter Brennelemente steht gegenwärtig eine ausreichende Lagerkapazität zur Verfügung.

### Prüfung von Endlagerbehältern

Auftragnehmer:  
*Bundesanstalt für  
 Materialforschung und -prüfung (BAM)*

Projektleitung BfS: *B.-R. Martens*

Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) führte im Jahre 1997 Prüfungen verschiedener Behälterbauarten hinsichtlich der Eignung für die Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) und Konrad im Auftrag des BfS durch. Beim ERAM stand dabei die Prüfung einer Eisengranulat-Schwerbeton-Abschirmung (SBA 200) der Firma Siempelkamp Gießerei GmbH & Co (jetzt Siempelkamp Nuklear- und Umwelttechnik GmbH & Co) im Hinblick auf die Erfüllung der Anforderungen an qualifizierte Verpackungen entsprechend den vom BfS herausgegebenen Anforderungen im Vordergrund. Hierbei handelt es sich um einen zylindrischen Behälter aus Schwerbeton (mit Zuschlag von Eisengranulat anstelle Hämatit) mit einer Leermasse von ca. 2900 kg und einer maximalen Bruttomasse von 4000 kg. Im Ergebnis der Prüfungen konnte in Form eines Gutachtens bestätigt werden, daß die Behälterbauart die Anforderungen der Stapeldruckprüfung, des Fallversuchs und der feuerfesten Ver-

packung erfüllt. Die qualitätssichernden Maßnahmen des Antragstellers für Fertigung und Betrieb der Behälter sind geeignet festgelegt. Offen ist lediglich die Aktivitätsdeklaration für diese Behälter, die hierfür erforderlichen Prüfungen werden anderweitig festgelegt.

Für das Endlager Konrad hat die BAM die Bauartprüfung der kubischen Behälterbauarten Gußcontainer Monolith, Gußcontainer Typ VI-15 und Gußcontainer Typ VII der Firma GNS (Gesellschaft für Nuklear-Service mbH) im Hinblick auf die Erfüllung der Anforderungen entsprechend der Abfallbehälterklasse I (GC Monolith) bzw. II (Gußcontainer Typ VI und VII) fortgeführt. Schwerpunkt war hierbei die sicherheitstechnische Beurteilung der erheblichen mechanischen und thermischen Beanspruchungen unter den zugrunde zu liegenden Störfallszenarien für Behälter der Abfallbehälterklasse II (Absturz des Behälters aus 5 m Höhe und einstündiger Brand mit einer Temperatur von 800 °C) für die Gußcontainer Typ VI und VII. Die äußerst umfangreichen experimentellen und analytischen Prüfungen konnten mit positivem Ergebnis weitgehend abgeschlossen werden; die Fertigstellung der zugehörigen Gutachten steht unmittelbar bevor.

### Durchführung von Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle

Auftragnehmer:  
*Technischer Überwachungsverein  
 Hannover/Sachsen-Anhalt e. V.*

Projektleitung BfS:  
*B.-R. Martens, H. Giller, S. Steyer*

Auch im Jahr 1997 lagen die Schwerpunkte der Tätigkeiten in der Begutachtung neuer Konditionierungskampagnen und in der Prüfung der Gebindedokumentationen, mit denen die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen von den Ablieferern oder Konditionierern nachgewiesen wird.

Durch die routinemäßige Abwicklung der Abfallkampagnen zu den Betriebsabfällen der Kernkraftwerke wurde erreicht, daß die betrieblichen Lager mehrerer Kernkraft-

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

werke inzwischen weitgehend geräumt sind. Die Ablieferer haben deshalb inzwischen begonnen, auch Abfälle aus der externen Zwischenlagerung (z. B. Abfallager Gorleben, GRB Mitterteich) für die Endlagerung im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) vorzubereiten. Für die Auslagerung aus dem Abfallager Gorleben wurden nach einem bereits früher freigegebenen Ablaufplan die in Konrad-Containern lagernden Abfälle in einer speziellen Umpackstation in Fässer verpackt. Mit der Prüfung der Dokumentationen wurde begonnen; die ersten Anlieferungen zum ERAM sind erfolgt. Für die Auslagerung aus dem Zwischenlager Mitterteich sind die zur Erstellung der Abfallgebindedokumentationen notwendigen Prüfungen an den Abfallgebinden durchzuführen.

Nachdem inzwischen auch die Endlagerung von Betonbehältern und von 600-l-Fässern als Abfallfaß möglich ist und nachdem zur Anlieferung von Gebinden zum Verstoß weitere Primär- und Faßcontainer zugelassen sind, haben die Ablieferer verstärkt von diesen Möglichkeiten der Anlieferung Gebrauch gemacht. Insbesondere zur Auslagerung von VBA aus kraftwerkseigenen Lagern und aus dem Abfallager Gorleben wurden die Nachweisverfahren beurteilt und die Abfallgebindedokumentationen geprüft.

An neuen Konditionierungsverfahren wurde das Zerschneiden von Brennelementkästen und weiteren Corebauteilen begutachtet. Diese Abfälle werden entweder in 200-l-Fässer einbetoniert oder wahlweise in Knautschtrommeln hochdruckverpreßt und, in Fässern verpackt, in MOSAIK-Behälter eingestellt.

### Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle

Auftragnehmer:  
Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich

Projektleitung BfS: B.-R. Martens, H. Giller, S. Steyer

Wesentliche Ergebnisse der 1997 von der Produktkontrollstelle (PKS) des BfS im Forschungszentrum Jülich (FZJ) durchgeführten Arbeiten sind:

#### Chemische Analytik

Bei der Auflösung von Abfallproben mit Hilfe von Mikrowellen wurden Erfahrungen mit anderen Probenotypen und veränderten Aufschlußmitteln gesammelt. Dabei zeigten sich auch unerwünschte Interferenzmassen bei der massenspektrometrischen Charakterisierung schwer löslicher Proben.

#### Nukleare Meßtechnik

Die Scanner wurden um Einrichtungen zur Neutronen- und Dosisleistungsmessung erweitert. Bei der Inbetriebnahme vor Ort in den Dekontaminationsbetrieben traten 2 Schwierigkeiten auf:

- Erdungsprobleme, die zunächst zu hohem Rauschen und nicht akzeptablen Halbwertsbreiten der Peaks führten. Diese Schwierigkeiten scheinen jetzt durch gezielte Punkterdung behoben zu sein.
- Die Steuerung der Scanner wurde flexibler gestaltet. Neu eingeführt wurde die Auswertesoftware  $\gamma$ -Vision. Es zeigt sich, daß das Auswertungsprogramm bei Peaks unterschiedlicher Intensität (Statistik) gelegentlich zu fehlerhaften Ergebnissen führt. Besonders bei der bibliotheksorientierten Auswertung ist eine Kontrolle mit einfachen Programmen dringend erforderlich. Eine bessere Lösung wird in Zusammenarbeit mit dem Ersteller der Auswertesoftware gesucht.

Eine zweite Gitterionisationskammer wurde beschafft und mit hochauflösender Meßelektronik bestückt. Damit können an dieser Kammer Halbwertsbreiten von 40 keV für  $\alpha$ -Peaks erreicht werden. Bei den langen Meßzeiten von ca. 1 d können je 2 Proben gleichzeitig gemessen werden.

#### Altabfälle

Dokumentationen von zahlreichen zur Einlagerung im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) angemeldeten Abfallchargen aus Kerntechnik, Forschungseinrichtungen und Landessammelstellen wurden im Rahmen der Produktkontrolle überprüft. Anmelder größerer Abfallchargen waren die Firma Siemens KWU (600 Gebinde), die Firma Amersham Buchler (1000 Gebinde), die Landessammelstellen Berlin (465 Gebinde), NRW (215 Gebinde), Bayern (110 Gebinde), Hessen (205 Gebinde) sowie VKTA-Rosendorf (360 Gebinde) und das Forschungszentrum Jülich (745 Gebinde). In Verfahrensbeurteilungen für das BfS wurden jeweils die Prüfchargen definiert sowie Stichprobenumfang und Prüfungen festgelegt. 1997 wurden ca. 2100 Abfallgebinde über Dokumentations- und Stichprobenprüfungen bewertet, verschiedene verfahrensbegleitende Kontrollen durchgeführt sowie abschließende Prüfberichte erstellt. Außerdem wurden die entsprechenden Ablaufpläne zur Konditionierung radioaktiver Rohabfälle für das ERAM beurteilt. Mit der Bearbeitung der Ablaufpläne für die Einlagerung radioaktiver Abfälle aus dem Rückbau der Urananlage Ellweiler und aus dem Forschungszentrum Karlsruhe wurde begonnen. Grundlage für die Prüfung der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen waren eigene Messungen oder die kritische Beurteilung vorgelegter Messungen bzw. Berechnungen mittels Nuklidschlüssel. Ein gegenüber dem Vorjahr um ca. 500 Gebinde erhöhtes Prüfaufkommen kann auf zunehmende Erfahrungen bei den Ablieferern und Beratung durch PKS schon im Vorfeld einer Anmeldung in Verbindung gebracht werden.

#### Wiederaufarbeitungsabfälle

Im Berichtszeitraum wurden zwei Inspektionsbesuche bei Bureau Veritas und COGEMA/La Hague und ein Inspektionsbesuch bei BNFL in Sellafield durchgeführt. Im Rahmen des Inspektionsbesuchs in Frankreich wurde auch die Anlage des Herstellers der Glasrohmasse besucht, die für die Verglasung der Spaltproduktkonzentrate verwendet wird. Sowohl bei Bu-

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

reau Veritas wie auch bei COGEMA wurden die für die Qualität der Glaskokillen relevanten Dokumentationen geprüft und resultierende Fragestellungen vor Ort geklärt.

Bei COGEMA wurden die Schaltwarten der Anlagen R7 und T7 inspiziert sowie die zugänglichen Bereiche des Kalzinators und Schmelzofens. Zusätzlich wurden die Datensätze von Glaskokillen für 5 Transportbehälter geprüft, die nach Deutschland zurückgeliefert und im TBL Gorleben zwischengelagert werden sollen. Diese Prüfungen können jetzt rechnergestützt erfolgen, ein entsprechendes Programm wurde im Berichtszeitraum installiert.

Abfallstrom/ Rohabfall	DWR		SWR	
	Jahresmenge	Kollektivdosis	Jahresmenge	Kollektivdosis
Mischabfall				
- brennbar	25 Mg	2–11 mSv	25 Mg	2–11 mSv
- preßbar	25 Mg	6–13 mSv	25 Mg	6–13 mSv
Kernbauteile	0,3 Mg	1,5 mSv	4 Mg	20 mSv
Schrott	47 Mg	0,5–1,9 mSv	47 Mg	0,5–1,9 mSv
Verdampferkonzentrate	25 m <sup>3</sup>	2,6 mSv	35 m <sup>3</sup>	< 0,1 mSv
Filterkonzentrate/Harze	32 m <sup>3</sup>	0,7 mSv	24 m <sup>3</sup>	6,8 mSv
Summe		13-31 mSv/ a		35–53 mSv/a
- feste Abfälle	97 Mg		101 Mg	
- Konzentrate/Harze	27 m <sup>3</sup>		59 m <sup>3</sup>	

**Tabelle ET-12**

Abfallstromspezifische Kollektivdosen für mittlere jährliche Abfallmengen einer Anlage mit 1300 MW elektrischer Leistung.

### Berufliche Strahlenexposition bei der Endlagerung und Konditionierung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Auftragnehmer:

Technischer Überwachungsverein Nord e. V., Hamburg

Projektleitung BfS: V. Kunze

In den letzten Jahren haben die Betreiber von Kernanlagen weitreichende Anstrengungen zur Abfallvermeidung und -minimierung unternommen. Diese Maßnahmen erstrecken sich auf die Reduzierung der Abfallmenge sowohl bei der Erzeugung als auch bei der Behandlung von radioaktiven Abfällen. Die jährlichen Abfallmengen konnten dabei deutlich gesenkt werden.

Als Entscheidungskriterium, ob eine Abfallminimierungsmaßnahme auch dem Gebot der Dosisminimierung (§ 28 Absatz 1 StrlSchV) genügt, kann die Kollektivdosis herangezogen werden. Eine abfallstromspezifische Betrachtung der Kollektivdosis wird für die bisherige Behandlung der radioaktiven Abfälle dargestellt, um im konkreten Einzelfall eine Vergleichsbetrachtung zu ermöglichen.

### Abfallströme und Konditionierungsverfahren

Eine Übersicht über die Behandlung der Abfälle aus dem kerntechnischen Bereich ist in **Abbildung ET-25** gegeben. Zu den einzelnen Abfallströmen ist folgendes anzumerken:

- *Mischabfall* wird zunächst im KKW sortiert und anschließend vor Ort oder in einer externen Konditionierungseinrichtung hochdruckverpreßt. *Nicht brennbare Mischabfälle* werden auch direkt verpackt. *Brennbare Mischabfälle* werden extern (Karlsruhe oder Studsvik in Schweden) verbrannt und die entstehenden Aschen ebenfalls hochdruckverpreßt. Sämtliche Mischabfälle werden anschließend in Containern zwischen- oder in Fässern direkt endgelagert.
- *Kernbauteile* fallen bei den beiden Reaktortypen Druckwasserreaktor (DWR) und Siedewasserreaktor (SWR) in unterschiedlichem Umfang an. Beim DWR werden sie direkt im Lagerbassin in Gußbehälter verpackt, während beim SWR die in größerer Menge anfallenden Brennelementkästen und Lanzetten zuvor zerschnitten werden müssen.
- Kontaminierter *Schrott* fällt dagegen bei beiden Reaktortypen in etwa glei-

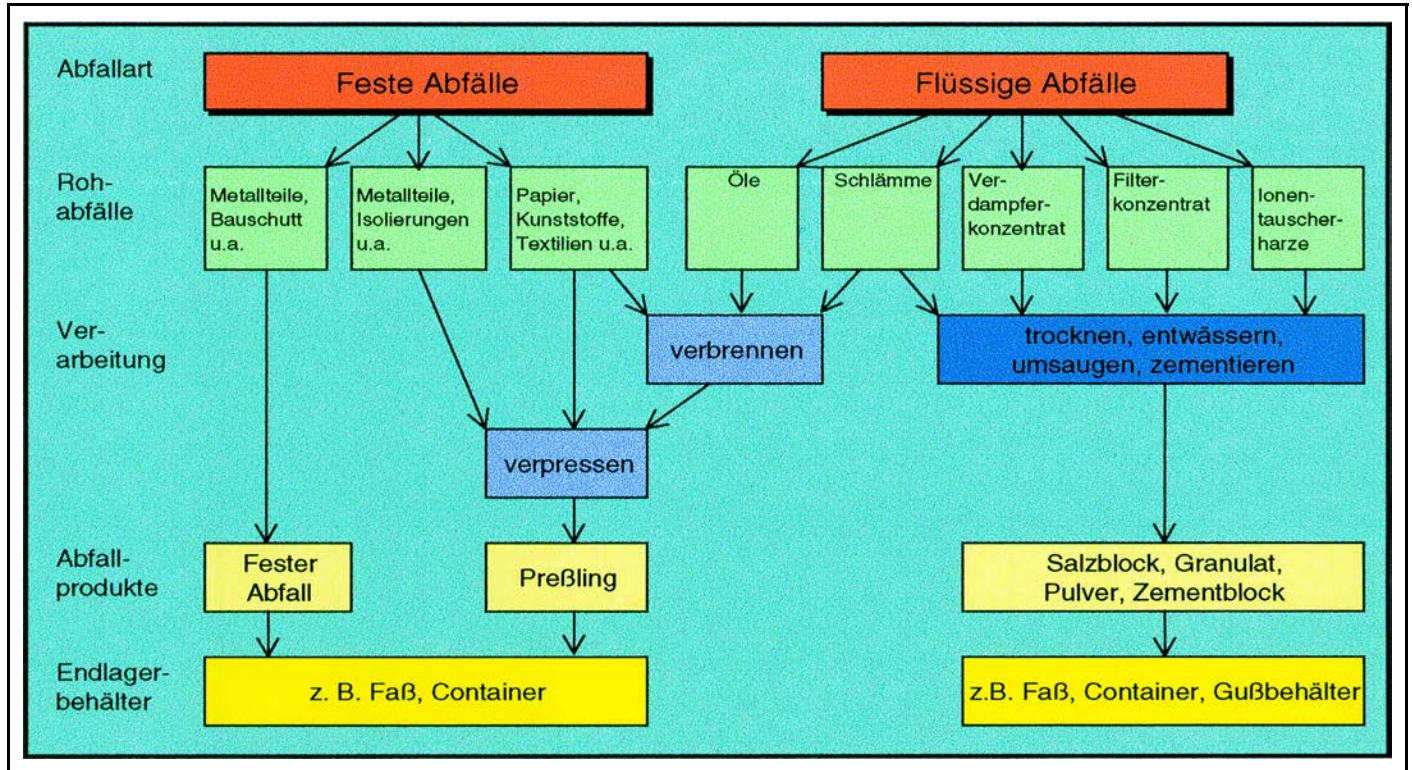
cher Menge an. Er wird i. a. zerlegt, sortiert und in einer zentralen Konditionierungseinrichtung entweder hochdruckverpreßt und/oder verpackt oder ggf. wiederverwertet.

- *Verdampferkonzentrate* fallen ebenfalls bei beiden Reaktortypen in vergleichbarer Menge an. Sie werden beim DWR entweder mit mobilen Einrichtungen vor Ort oder in einer zentralen Einrichtung getrocknet und zur Zwischenlagerung in Gußbehälter oder zur direkten Endlagerung in Fässer verbracht. Die Konditionierung im SWR und teilweise auch im DWR erfolgt i. a. fernbedient und bewirkt daher nur eine geringe Dosis.
- Anfallende *Filterkonzentrate/Ionenaustauscherharze* werden mit mobilen oder ortsfesten Einrichtungen im KKW in Gußbehälter oder Fässer umgesaugt, ggf. nachentwässert und zwischengelagert. Die Jahresmenge ist dabei im SWR deutlich größer.

Nach der Konditionierung werden die Abfallbinde entweder ins Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) gebracht oder zwischengelagert. Die Zwischenlagerung erfolgt dabei zum Teil an den Kraftwerksstandorten selbst oder in den zentralen Einrichtungen in Gorleben und Mitterteich. Die Endlagerungsbedin-

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte



**Abbildung ET-25**  
 Behandlung fester und flüssiger radioaktiver Abfälle aus Kernkraftwerken.

gungen des ERAM sind hinsichtlich der möglichen Aktivitätskonzentration in den Abfällen, insbesondere bezüglich des  $\alpha$ -Aktivitätsinventars, im Vergleich zum geplanten Endlager Konrad deutlich restriktiver. Zudem sind im ERAM keine Container und Gußbehälter einlagerbar, so daß für die so zu verpackenden Abfallströme weiterhin die Notwendigkeit der Minimierung besteht.

### Kollektivdosisbetrachtung

Bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle besteht das Kollektiv aus Abfallverursacher, Transporteur, Konditionierer und dem Personal im Zwischen- und Endlager. Zur ganzheitlichen Erfassung der dabei anfallenden beruflichen Strahlenexposition wurden vom TÜV Nord e. V. Daten bei den entsprechenden Betrieben erhoben [1] fragt wurde die Kollektivdosis und die Abfallmenge bei einzelnen Kampagnen. Dabei wurden die in **Tabelle ET-12** gegebenen Abfallströme herangezogen. Diese

umfassen mehr als 90 % des Abfalls mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung aus Kernkraftwerken.

Aus den Rohdaten wurde für jeden Abfallstrom die mittlere Jahresmenge und die entsprechende mittlere Kollektivdosis, bezogen auf eine Anlage mit 1300 MW elektrischer Leistung, ermittelt. Die für Druckwasser- (DWR) und Siedewasserreaktoren (SWR) erhaltenen Werte sind in **Tabelle ET-12** gegeben. Dabei wurden in die Dosisbetrachtung nicht nur die Konditionierungstätigkeiten an sich, sondern sämtliche Handhabungsschritte bei der Abfallbehandlung einschließlich der Maßnahmen zur Produktkontrolle einbezogen. Weitere Einzelheiten über die dabei anfallende Dosis sind den Anhängen von [1] zu entnehmen. Für den Transport von Abfallgebänden wurde keine zusätzliche Dosis berücksichtigt, da der Transport i. a. per Bahn abgewickelt wird und dabei eine nennenswerte Strahlenexposition nicht zu unterstellen ist.

### Ergebnisse

Auf der Basis der vorliegenden Daten über die berufliche Strahlenexposition bei der Entsorgung von nicht wärmeentwickelnden Abfällen aus kerntechnischen Anlagen in Deutschland können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die Kollektivdosis bei der Behandlung von Mischabfällen ist stark abhängig von den örtlichen Gegebenheiten. Sie schwankt – bezogen auf die gleiche Jahresmenge von 50 Mg pro Anlage – allein für die Sortierung zwischen 0,4 und 8 mSv/a. Betreiber, die die Abfälle auf speziell hierfür eingerichteten Tischen sortieren, konnten die dabei anfallende Kollektivdosis deutlich senken.
- Die externe Konditionierung (Hochdruckverpressung von Mischabfällen, Trocknung von Verdampfer- und Filterkonzentraten) beinhaltet keinen Anstieg der Kollektivdosis gegenüber der Konditionierung vor Ort.

## Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

### Wissenschaftliche Kurzberichte

- Die Zwischen- und Endlagerung von radioaktiven Abfällen liefert im Vergleich zur Konditionierung nur einen vernachlässigbaren Beitrag zur Kollektivdosis, obwohl dort die Summe aller Abfallströme gehandhabt werden muß.
  - Ein Vergleich der Reaktortypen ergibt, daß der SWR deutlich mehr Abfälle produziert und dabei im Vergleich zum DWR fast die doppelte Dosis anfällt (siehe **Tabelle ET-12**). Dieser Unterschied wird insbesondere durch den derzeitigen Stand der Entsorgung der Brennelement-Kästen verursacht. Hier ist durch eine alternative Konditionierung (Transport vom KKW zur zentralen Konditionierungseinrichtung und Zerlegung dort in Heißen Zellen) eine deutliche Reduzierung der Dosisbelastung der Personals zu erwarten. Die genehmigungs- und anlagentechnischen Randbedingungen dafür werden derzeit geschaffen.
- Aufgrund der hier durchgeführten Betrachtungen ergibt sich bei der Entsorgung von Betriebs- und Stilllegungsabfällen aller Anlagen in Deutschland mit mehr als 350 MW thermischer Leistung eine rechnerisch ermittelte Kollektivdosis von 0,7 Sv/a. Dies entspricht rund 1,5 % der 1994 im kerntechnischen Bereich angefallenen beruflichen Strahlenexposition von 47,6 Sv [2]. Trotz der relativ großen Abfallmengen, die im Endlager gehandhabt werden müssen, entfallen auf die Zwischen- und Endlagerung nur etwa 15 mSv/a, entsprechend ca. 0,3 Promille. Schließt man die Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie mit ein, so erhöht sich die Kollektivdosis bei der Entsorgung auf 0,8 Sv/a [3]. Dieser Wert macht nur rund 0,8 % der insgesamt 1994 in Deutschland angefallenen beruflichen Strahlenexposition von 101,6 Sv [2] aus.
- [1] *Feinhals, J.; Richter, D.*  
Der Grundsatz der Minimierung radioaktiver Abfälle in Deutschland. In: KONTEC '97, 3. Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, 19. bis. 21. März 1997, CCH-Congress Centrum Hamburg. Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Düsseldorf 1997, S. 213–225
- [2] *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*  
Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung. Jahresbericht 1994, Bonn, Januar 1997
- [3] *Feinhals, J.; Ham, U.; Kunze, V.; Lehr, F.*  
Schritte der Entsorgung und Strahlenexposition. *StrahlenschutzPraxis* 3 (1997) 3, S. 6–10

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Entwicklung eines Konzepts für eine probabilistische Sicherheitsbewertung eines Endlagers

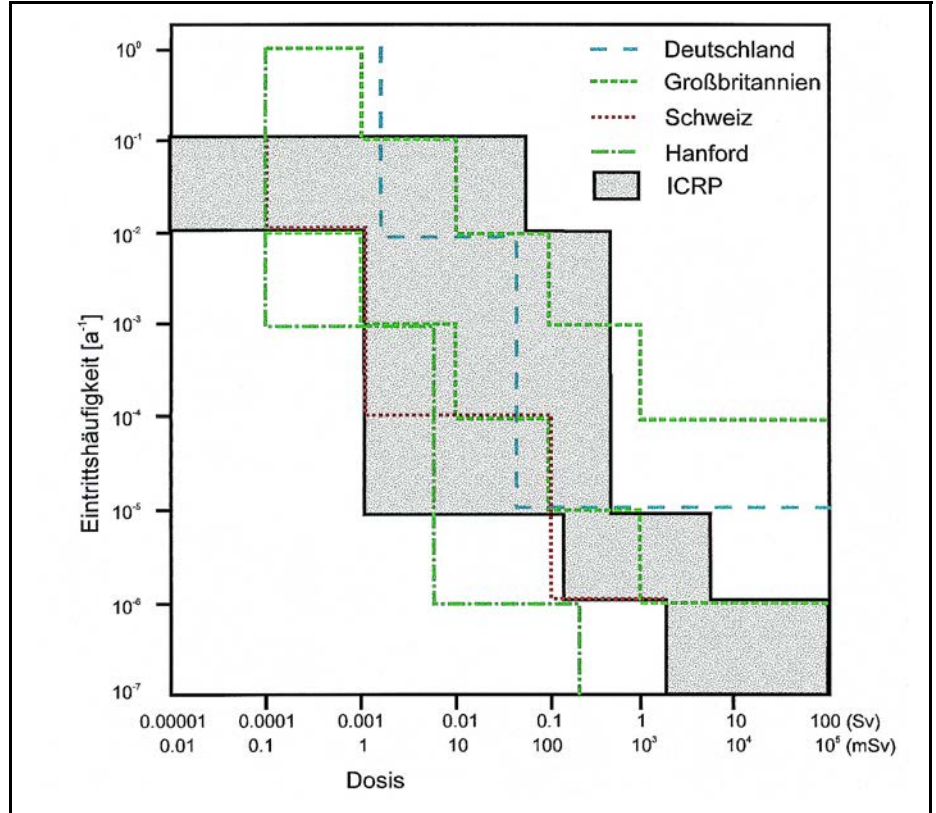
Auftragnehmer:  
 Institut für Sicherheitstechnologie  
 (ISTec) GmbH, Köln

Projektleitung BfS: J. Thiel

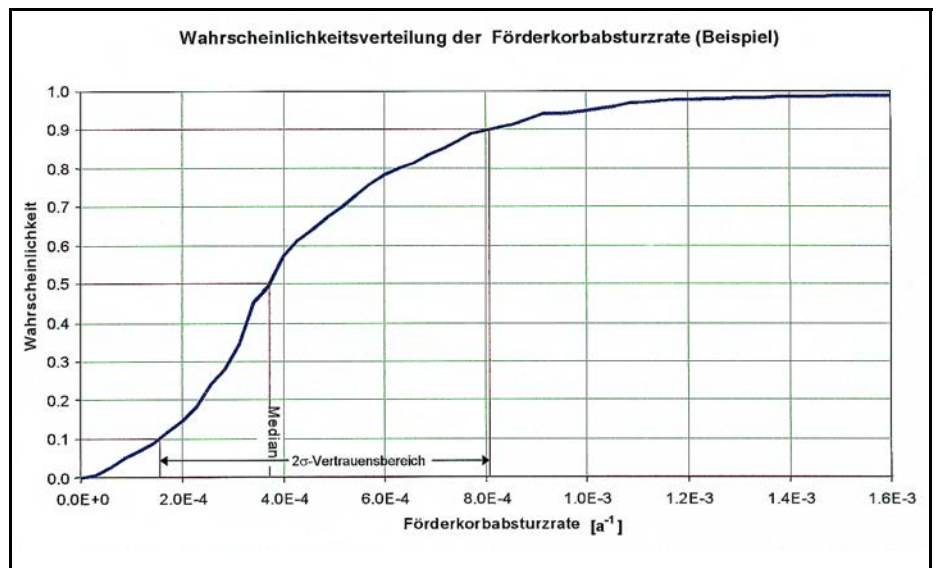
Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für das Endlager Konrad wurde ergänzend zu der nach festen Regelvorgaben durchgeführten deterministischen Störfallanalyse auch eine probabilistische Bewertung der Anlagensicherheit vorgenommen [1]. Damit konnte die nach deterministischen Kriterien erfolgte Klassifizierung der Auslegungstörfälle in radiologisch relevante Ereignisse und Restrisikoereignisse auf der Basis von Eintrittshäufigkeiten begründet werden.

Der probabilistischen Bewertung lagen überwiegend generische Betriebsdaten zugrunde, da Betriebserfahrungen in einem Endlagerbergwerk nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung standen. Es war daher weder sinnvoll noch beabsichtigt, die Bewertung bis zur Stufe einer umfassenden Risikoanalyse zu vertiefen.

Mittlerweile sind generische Daten in größerem Umfang verfügbar, und das analytische Instrumentarium wurde weiter verbessert. Aus diesem Grunde soll auf der Basis des heutigen Kenntnisstandes ein Konzept für eine umfassende probabilistische Sicherheitsbewertung bis hin zu einer vollständigen Risikoanalyse für die Betriebsphase eines Endlagers entwickelt werden. Anhand dieses Konzepts kann dann geprüft werden, inwieweit die Voraussetzungen für die Durchführung einer solchen Analyse gegeben sind. Damit wird eine Möglichkeit geschaffen, das Risikopotential eines Endlagers mit dem anderer kerntechnischer Anlagen zu vergleichen. Darüber hinaus kann nachgewiesen werden, daß Grenzwerte für das Aktivitätsinventar der Abfallgebinde überwiegend nicht ausgeschöpft werden und Maßnahmen zur Minimierung der Strahlenexposition nicht erforderlich sind.



**Abbildung ET-26**  
 Vergleich internationaler Risikokriterien.



**Abbildung ET-27**  
 Beispiel einer mit Hilfe des Superpopulationsansatzes berechneten Verteilung.

## Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

### Wissenschaftliche Kurzberichte

---

Zunächst wurde recherchiert, welche Bewertungsmaßstäbe zur Einschätzung des Risikopotentials im internationalen Vergleich vorliegen. Eine Übersicht einiger hierzu existierender Kriterien vermittelt **Abbildung ET-26**, die sowohl endlagerspezifische Kriterien als auch solche für kerntechnische Anlagen allgemein darstellt. Kenngröße der Risikobewertung und -begrenzung ist in allen Fällen die individuelle Strahlenexposition in der Umgebung. Aus der Darstellung in **Abbildung ET-26** läßt sich ableiten, daß im Bereich kleiner Eintrittshäufigkeiten gegenüber der bisherigen Vorgehensweise eine stärkere Differenzierung des deutschen Bewertungsmaßstabes sinnvoll ist.

Des weiteren wurde untersucht, welche Auswertemethoden zur Ermittlung von Risikokenngrößen zur Verfügung stehen und inwieweit diese Methoden für die speziellen Randbedingungen der Betriebsphase eines Endlagers angemessen sind.

Im Ergebnis läßt sich festhalten, daß fundierte Methoden zur probabilistischen Sicherheitsbewertung eines Endlagers vorhanden sind. Insbesondere ein erst in jüngster Zeit auf Basis des sog. Superpopulationsansatzes entwickeltes Auswerteverfahren [2] eröffnet hierfür deutlich verbesserte Möglichkeiten im Vergleich zu bislang bekannten Verfahren. In **Abbildung ET-27** ist beispielhaft das Ergebnis einer Modellrechnung für den Förderkorbabsturz dargestellt.

In einem weiteren Arbeitsschritt wurde das verfügbare Datenmaterial analysiert. Ob die heute vorhandenen Daten für eine umfassende Risikoanalyse ausreichen, läßt sich derzeit nicht abschließend beantworten. Die identifizierten Möglichkeiten zur Beschaffung von Daten lassen es jedoch aussichtsreich erscheinen, einen Datensatz mit dem notwendigen Umfang und Tiefgang zu erhalten.

Um die existierenden Daten zu erfassen, aufzubereiten und mit den o. g. Methoden angemessen auszuwerten, wurde als ein geeignetes Instrumentarium eine Datenbank erstellt. Diese enthält bereits einen umfassenden Datenbestand, der insbesondere auch auf der Auswertung der Betriebserfahrungen im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) beruht.

- [1] *Kreuser, A.; Peiffer, F.; Wurtinger, W.* Systemanalyse Konrad, Teil 3: Anlagenbewertung des geplanten Endlagers Konrad. GRS-A-1439, Köln, 1989
- [2] *Hofer, E.; Hora, S. C.; Iman, R. L.; Peschke, J.* On the Solution Approach for Bayesian Modeling of Initiating Event Frequencies and Failure Rates. Risk Analysis, Vol. 17 (1997) p. 249–252

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

### Dreidimensionale Aufheizrechnungen zur Ableitung von Wärmeübertragungsparametern im Rahmen der Behälterqualifizierung

Auftragnehmer:  
 Institut für Sicherheitstechnologie  
 (ISTec) GmbH, Köln

Projektleitung BfS: J. Thiel

Die Bestimmung der störfallbedingten Aktivitätsfreisetzung aus Abfallgebinden infolge thermischer Beaufschlagung basiert unter anderem auf 2-dimensionalen Temperaturfeldrechnungen, die mit dem Wärmeübertragungsprogramm TAC2D durchgeführt wurden. Nach Inbetriebnahme des regelbaren gasbetriebenen Brandprüfstandes der BAM waren im Zusammenhang mit der Qualifizierung von Abfallbehältern entsprechende Wärmeübertragungsparameter festzulegen, u. a. der zeitabhängige Wärmestrom in das Abfallgebinde. Hierzu mußte auf 3-dimensionale Rechnungen übergegangen werden, die mit dem Programm Heating 7b durchgeführt wurden.

Neben der Ableitung von Prüfparametern, insbesondere dem o. g. zeitabhängigen Wärmestrom, wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Vergleich zwischen 2- und 3-dimensionalen Rechnungen.
- Nachrechnung alter und neuerer experimenteller Branduntersuchungen, insbesondere von Versuchen des neuen Brandprüfstandes der BAM.
- Parametervariation zur Bestimmung des Einflusses von Verdampfung, Wärmeübergangskoeffizient und Strahlungsemissionskoeffizient.
- Einfluß einer abschirmenden Auflagefläche eines Abfallgebindes.

Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefaßt werden:

Die neuen Rechnungen haben die im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens Konrad durchgeführten Arbeiten zur Quelltermbestimmung bestätigt. Die früheren

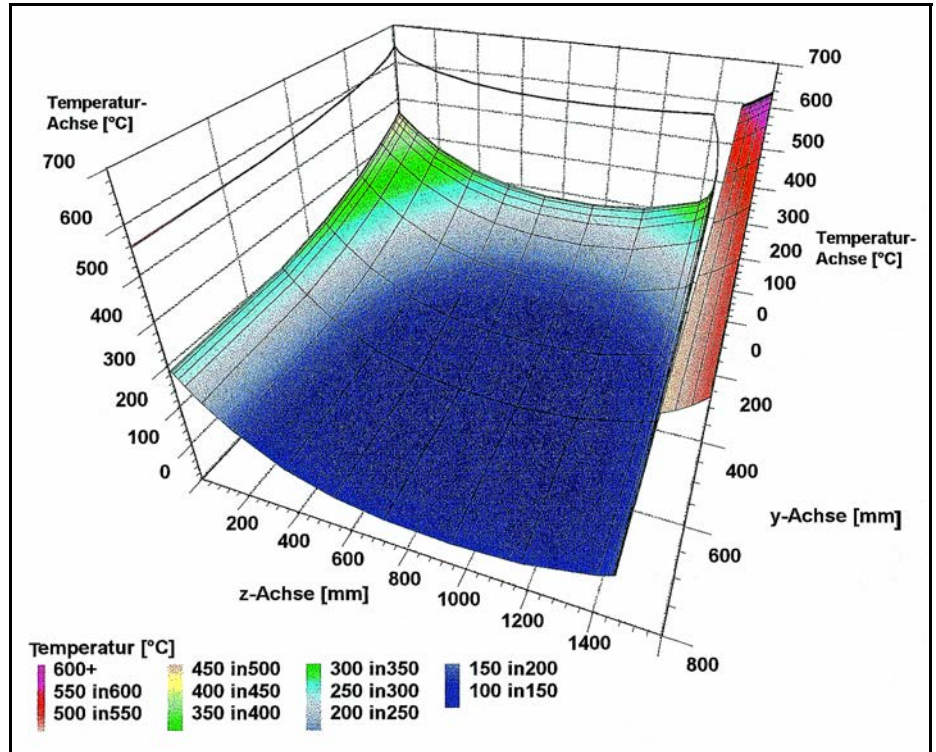


Abbildung ET-28  
 Temperaturverteilung für einen abgeschirmten Stahlblechcontainer bei  $t = 3900$  s (Symmetrieebene bei  $x = 0$  mm).

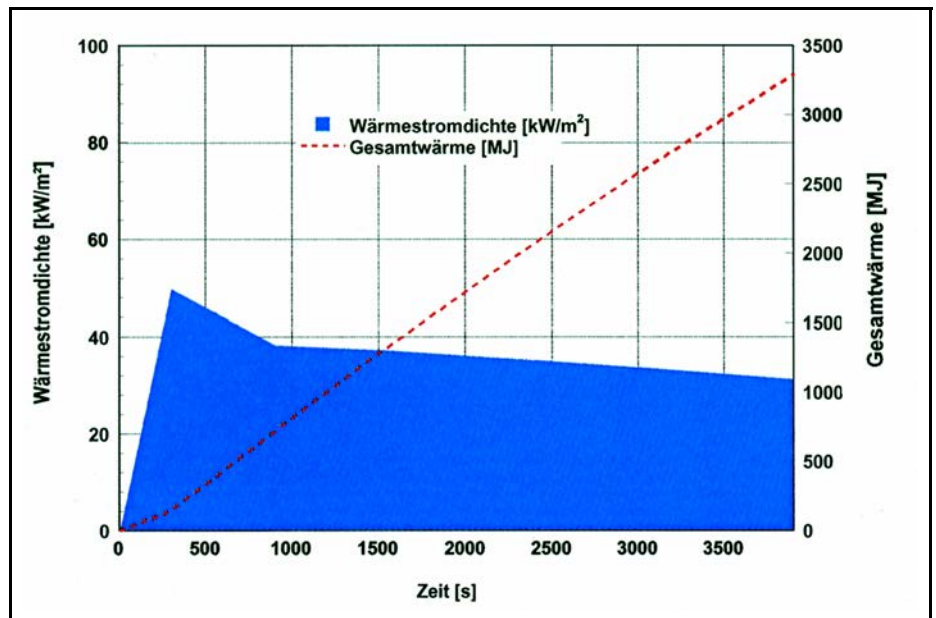


Abbildung ET-29  
 Gesamtwärme und Wärmestromdichte für die Aufheizung des abgeschirmten Stahlblechcontainers.



# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Kurzberichte

2-dimensionalen Rechnungen waren konservativ. Dies war insofern zu erwarten, als sowohl bei den früheren Rechnungen als auch bei den neuen Rechnungen Wärmeübertragungsparameter aus den gleichen Experimenten abgeleitet wurden. So konnten mit dem eingesetzten Programm Heating 7b alle im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens Konrad berücksichtigten experimentellen Untersuchungen mit guter Übereinstimmung nachgerechnet werden.

Gegenüber dem Wechsel von 2D- auf 3D-Rechnungen haben die Wärmeübertragungsparameter größeren Einfluß auf das Berechnungsergebnis. Die bisher gewählten Parameter sind konservativ, lassen sich jedoch, insbesondere im Hinblick auf die Behälterqualifizierung, noch weiter optimieren.

**Abbildung ET-28** zeigt das Ergebnis einer Rechnung für den Einfluß einer abschirmenden Auflagefläche. Dargestellt ist die Temperaturverteilung an der Abfallproduktoberfläche innerhalb eines Gußcontainers in einer Ebene senkrecht zur Auflagefläche. Die Auflagefläche ist der Streifen mit der hohen Temperatur bei  $z = 1600$  mm. Der sehr steile Temperaturabfall resultiert aus einem Luftspalt zwischen Auflagefläche und Containerwand.

Obwohl die Rechnungen zeigen, daß die Auflagefläche zu einem verringerten Energiefluß in das Abfallgebäude beiträgt, ist überraschend, daß die Reduzierung nicht so hoch ist wie erwartet, weil die Platte in der Abkühlphase zunächst noch als „Kochplatte“ zu einer Aufheizung beiträgt bzw. die Abkühlung verzögert.

In **Abbildung ET-29** ist die zur Behälterqualifizierung erforderliche zeitlich abhängige Wärmestromdichte dargestellt. Hier nach steigt die Wärmestromdichte innerhalb der ersten fünf Minuten auf einen Maximalwert von ca.  $50 \text{ kW/m}^2$ , um dann stetig abzufallen. Dieser auf realistischen Wärmeübertragungsparametern basierende Verlauf der Wärmestromdichte sollte auch bei der Behälterqualifizierung im Brandprüfstand eingestellt werden.

Mit den durchgeführten Untersuchungen wurde eine Basis erstellt, um realistische Gegebenheiten in Störfällen detaillierter zu

berücksichtigen. Dies bezieht sich zum einen auf die Modellierung lokaler Gegebenheiten, z. B. die Auflageflächen, und zum anderen auf eine Optimierung von Wärmeübertragungsparametern.

Mit den hieraus resultierenden Ergebnissen ist die Ableitung angemessener, optimierter Prüfparameter möglich, die Voraussetzung für eine den tatsächlichen Brandbelastungen entsprechende Behälterqualifizierung sind.

### **Die Neubewertung des „Torgau“-Erdbebens vom 17. August 1553**

Auftragnehmer: GfZ Potsdam

Projektleitung BfS: G. Eilers

Für die Analyse der seismischen Gefährdung von Endlagerstandorten wendet das BfS das sicherheitstechnische Regelwerk KTA 2201.1 an. Als Bemessungserdbeben ist das Ereignis mit der größten Intensität anzunehmen, welches nach wissenschaftlichen Erkenntnissen innerhalb eines Umkreises von etwa 200 km auftreten kann. Weiterhin sind „alle historisch berichteten Erdbeben, die den Standort betroffen haben oder von denen anzunehmen ist, daß sie ihn betroffen haben...“ mit geeigneten Kenndaten anzugeben.

Das Ereignis vom 17. August 1553 bei Torgau wird in den Katalogen von Leydecker [1] und Grünthal [2] als Schadensbeben mit Toten eingestuft. Die Epizentralentfernung zum Standort Gorleben beträgt weniger als 200 km. In den Modellen zur Ableitung von Freifeldlastannahmen, die 1989 vom BfS beauftragt worden waren, wurde das Ereignis berücksichtigt. Seine Bedeutung für das Bemessungserdbeben war trotz des inzwischen verbesserten Kenntnisstandes über die historische Seismizität in Norddeutschland klärungsbedürftig. So mußte beispielsweise eine Zuordnung des Herdes zu einer seismotektonischen Zone gefunden werden. Zum anderen ist das für die Ermittlung der dynamischen Zusatzlasten bislang maßgebliche „Prignitz“-Erdbeben von 1409 nicht

länger als schadenverursachend anzusehen.

Die moderne Vorgehensweise bei der Bewertung älterer, nur schriftlich überlieferter Erdbeben beruht auf der interdisziplinären Zusammenarbeit von Geophysikern, Geschichts- und Sprachwissenschaftlern sowie Bauingenieuren. Zunächst werden die möglichst zeitgenössischen Quellen, die vom Ereignis berichten, erfaßt und einer kritischen Würdigung unterzogen. Diese Tätigkeiten erfordern sorgfältige Recherchen in teilweise erst auszumachenden Archiven. Unabdingbare Voraussetzung für die Deutung der Quellen ist ein gründliches Verständnis des sprachlichen, geschichtlichen und gesellschaftlichen Umfeldes, in dem die Verfasser wirkten. Nicht zuletzt muß für die Ableitung makroseismischer Parameter die Qualität der seinerzeitigen Bausubstanz eingeschätzt werden können. Derartige *conditiones sine quibus non* werden nicht immer beachtet, so daß es mehrfach zu eklatanten Fehlinterpretationen von Schadenswirkungen gekommen ist.

Die im Auftrag des BfS nach dem neuesten Stand der Wissenschaft vorgenommenen Untersuchungen des „Torgau“-Erdbebens haben ergeben, daß die bislang verwendeten Kenndaten in starkem Maße auf Aussagen von Autoren des 19. und 20. Jahrhunderts beruhen, die ihrerseits Fehldeutungen historischer Quellen darstellen.

Das Gebiet um die Stadt Torgau kann nicht länger als Hauptschüttergebiet des Ereignisses angesehen werden. Vielmehr lag das Epizentrum weiter südlich, vermutlich im Raum Rochlitz und Grimma. Durch die historischen Angaben kann eine makroseismische Intensität von höchstens  $I = V - VI$  (gemäß EMS-92) nachgewiesen werden, wobei die Unsicherheit im Epizentrum nicht mehr als ein halbes Grad beträgt. Eine Epizentralintensität von VII oder gar VIII ist anhand der Quellen ausgeschlossen. Die exponierte Herdlage eines vormals als bedeutend angesehenen Erdbebens am Nordostrand einer „saxothuringischen seismotektonischen Provinz“ kann nicht weiter bestätigt werden.

Die Untersuchungen zeigen somit zum wiederholten Male, daß das Schadens-

## Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

### Wissenschaftliche Kurzberichte

---

maß eines älteren Erdbebens anhand von Einzelschäden überbewertet wurde.

Der Deutsche Erdbebenkatalog muß entsprechend revidiert werden. Für den ohnehin seismisch kaum aktiven norddeutschen Raum existiert nun kein einziges historisch verbürgtes Schadensbeben mehr. Hieraus folgt aber noch nicht, daß solche Ereignisse in Norddeutschland unmöglich wären. Um die Frage zu beantworten, welche Voraussetzungen für den

Eintritt stärkerer Beben gegeben sein müssen, wird das BfS im Rahmen der seismischen Sicherheitsaussage für ein Endlager mit langer Nachbetriebsphase die Methodik der Nachweisführung über geowissenschaftliche Untersuchungen erweitern.

[1] *Leydecker, G.*

Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 1000 – 1981.

Geol. Jahrbuch., Reihe E, (1986) 36, S. 3–83

[2] *Grünthal, G.*

Erdbebenkatalog des Territoriums der Deutschen Demokratischen Republik und angrenzender Gebiete von 823 bis 1984.

Zentralinstitut für Physik der Erde, (1988), Veröffentlichung Nr. 99, Potsdam

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Wissenschaftliche Veranstaltungen

### **Informationsveranstaltungen zu den fortgeschriebenen Regelungen zur Produktkontrolle für das ERAM, Braunschweig, 18. und 26. Februar 1997**

*B.-R. Martens, H. Giller, S. Steyer*

Im Zusammenhang mit der Fortschreibung der Endlagerungsbedingungen für das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wurden auch die Regelungen zur Produktkontrolle überarbeitet und aktualisiert. Die im Dezember 1996 in der Form eines internen ET-Berichtes (ET-IB-85/2) herausgegebene Neufassung wurde im Februar 1997 in zwei Veranstaltungen den Vertretern der Aufsichtsbehörden der Länder sowie den Abfallverursachern, Konditionierern, Behälterherstellern und Sachverständigen erläutert. Insgesamt nahmen 49 Interessenten an diesen Veranstaltungen teil.

Die seitens BfS erläuterten Änderungen betrafen insbesondere die folgenden Punkte:

- Die Aufnahme der vom Hauptauschuß des Länderausschusses für Atomkernenergie im Dezember 1994 zustimmend zur Kenntnis genommenen Regelungen zum Ablauf der Produktkontrolle.
- Die Ergänzung von Kenngrößen und Prüfkriterien für den dispergierbaren Anteil von Abfallprodukten und für feuerfeste Verpackungen.
- Die Überarbeitung der Kenngrößen und Prüfkriterien für thermisch stabile, thermisch stabil fixierte und formstabil kompaktierte Abfälle.
- Die Überarbeitung der Kenngrößen und Prüfkriterien für die Gasbildung von Abfällen und die Stapelung von Abfallbehältern einschließlich Betonbehältern.
- Die Ergänzung einer Prüfalternative für „qualifizierte Verpackungen“, die den Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen durch Bezugnahme auf vergleichbare Prüfungen gemäß Verkehrsrecht erlaubt.

Den Teilnehmern der Veranstaltungen wurde Gelegenheit zur Diskussion der bei der Durchführung der Produktkontrolle gemachten Erfahrungen und zur Klärung offener Fragestellungen gegeben.

### **Informationsveranstaltung zur Abführung von Endlagerungskosten für die Endlagerung radioaktiver Abfälle aus Landessammelstellen im geplanten Endlager Konrad, Salzgitter-Lebenstedt, 12. November 1997**

*P. Brennecke, M. Brinkmann, D. Hofer, H. J. Debski*

Nach § 21a Abs. 2 Atomgesetz (AtG) wird von den Landessammelstellen seit 1981 ein Betrag von DM 1000,- pro 200-l-Faß im Hinblick auf die zukünftige Entsorgung im geplanten Endlager Konrad an das BfS abgeführt. Da sich zwischenzeitlich die voraussichtlichen Endlagerungskosten weiter konkretisiert haben, war eine diesbezügliche Kostenanpassung erforderlich. Dies ist mit Schreiben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) vom 22. Juli 1997 erfolgt.

Dieses BMU-Schreiben hat eine Reihe von Fragen bei den Betroffenen aufgeworfen, zu deren Klarstellung und/oder Klärung die o. a. Informationsveranstaltung gedient hat. Dieser Veranstaltung wohnten insgesamt 32 Teilnehmer bei, deren überwiegende Anzahl durch Vertreter der zuständigen Landesministerien und Landessammelstellen gebildet wurde.

Im Rahmen seiner Ausführungen und Erläuterungen ging das BfS zunächst darauf ein, daß es aufgrund der geltenden Rechtslage und von Vorgaben sowie Stellungnahmen seitens des Bundesfinanzministeriums und des Bundesrechnungshofes gehalten ist, wirtschaftlich kostendeckende Einlagerungsgebühren zu kalkulieren. Die sich anschließenden fachlichen Aspekte konzentrieren sich auf

- Abfallprognosen als Grundlage für eine Kostenberechnung,
- Berechnung des Kostenanteils Konrad und
- rechtliche Aspekte der Erhebung und Abführung von Endlagerungskostenanteilen durch die Landessammelstellen.

Schwerpunkte der sich jeweils anschließenden Diskussionen bildeten die Bezugsgrößen bei der Kostenermittlung, der Preisbestandsschutz bis zum Inkrafttreten der Neuregelung, zukünftige Vermeidung von Kostendefiziten sowie endlagergerechte Kalkulation und Abgabengerechtigkeit.

Mit dieser Veranstaltung wurde den Vertretern der zuständigen Ministerien und Landessammelstellen einerseits die Vorgehensweise des BfS transparent und nachvollziehbar dargestellt und andererseits Gelegenheit geboten, ihre Haltung darzulegen und unterschiedliche Auffassungen ausführlich zu diskutieren.

### **Workshop „Hochverdichtete Bentonite im salinaren Milieu – Baustoff für technische Barrieren in Untertagedeponien und Endlager im Salinar“, Braunschweig, 7. Oktober 1997**

*H. Illi*

Hochverdichtete Bentonite sollen als technische Barrieren bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle in vielfältiger Form eingesetzt werden. Auch bei der Bewässerung mit Salzlösungen quellen diese natürlichen Tone mit hohem Smectit-Gehalten und entwickeln bei behinderter Volumendehnung hohe Quelldrücke.

Für das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben wird derzeit ein Abdichtungselement aus hochverdichtetem Bentonit mit geringer Durchlässigkeit für die Abdichtung von Strecken entwickelt. Im Zu-

## Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

### *Wissenschaftliche Veranstaltungen*

---

sammenhang mit diesen Arbeiten wurde der Workshop durchgeführt, um insbesondere das Quellverhalten von hochverdichteten Bentoniten und ihre Langzeitbeständigkeit mit anderen Arbeitsgruppen zu erörtern.

Teilnehmer am Workshop waren in erster Linie Förderungsempfänger des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, die im Rahmen von Forschungsprojekten zur Entsor-

gung von radioaktiven Abfällen und zur untertägigen Ablagerung von chemisch-toxischen Abfällen den Einsatz von Bentoniten für die genannten Aufgaben untersuchen.

Über die am Institut für Geotechnik der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich über viele Jahre für die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA) durchgeführten Arbeiten zur Endlagerung radioaktiver Abfäl-

le in der Schweiz berichtete ein Mitarbeiter dieses Instituts.

Weitere Vorträge wurden von Mitarbeitern des Fachbereichs Endlagersicherheitsforschung der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, dem Institut für Bergbau der Technischen Universität Bergakademie Freiberg und dem Ingenieurbüro Professor Dr.-Ing. W. Wittke Beratende Ingenieure für Grundbau und Felsbau GmbH gehalten.

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Internationale Zusammenarbeit

### Überprüfung des Sicherheitsprogrammes der IAEA

Deutscher Vertreter: *H. Röthemeyer*

Die Überprüfung wurde im Rahmen des „Program Performance Assessment System“ (PPAS) durchgeführt. Ziel war die Überprüfung des Arbeitsprogrammes des neuen IAEA-Departments für nukleare Sicherheit bis zum Jahre 2000. Das Überprüfungs Komitee setzt sich aus 19 Teilnehmern aus 16 Ländern zusammen.

Die Empfehlungen des Komitees werden in einem ausführlichen Bericht behandelt, so daß hier nur einige generelle Aspekte der Programme

- Strahlenschutz
- Entsorgung
- Nukleare Sicherheit

angesprochen werden.

#### Strahlenschutz

Der Schwerpunkt der gegenwärtigen Tätigkeit sollte bei der Er- und Überarbeitung von Sicherheitsleitlinien im Einklang mit den Sicherheitsgrundlagen (BSS) liegen. Zukünftige Arbeiten sollten sich überwiegend mit Empfehlungen zur praktischen Durchsetzung dieser Sicherheitsanforderungen insbesondere durch entsprechende Sicherheitsberichte befassen. Als besonders bedeutsam wird die Entwicklung international einvernehmlicher Kriterien für Expositionen in der fernen Zukunft aus gegenwärtigen geplanten Tätigkeiten (z. B. Endlagerung) angesehen. Kriterien für Situationen, die zu chronischen Expositionen führen, sollten ebenfalls hohe Priorität haben. Beim Transport radioaktiver Stoffe sollten die Kontakte zu anderen UN-Organisationen bzgl. einer einheitlichen Bewertung und Durchführung von Gefahrguttransporten vertieft werden.

#### Entsorgung

International abgestimmte Empfehlungen zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und zur Freigabe von radioaktiven Reststoffen sollten schnellstmöglich entwickelt werden. Auch den anderen An-

forderungen und Kriterien auf dem Abfallgebiet, einschließlich der für Sanierungsmaßnahmen, wird höchste Priorität beigemessen. Dagegen wird dem Thema „Abfalläquivalente“ wegen der wissenschaftlich-technischen Problematik und der politischen Implikationen eine geringere Priorität gegeben. Die Neuorganisation der IAEA macht eine enge Zusammenarbeit zwischen den für die Sicherheit und für die Technologie zuständigen Organisationseinheiten erforderlich. Diese Empfehlung gilt auch für die anderen Programme, insbesondere das nukleare Sicherheitsprogramm.

#### Nukleare Sicherheit

Das Programm setzt seinen Schwerpunkt bei den existierenden Kernkraftwerken. Dies wird vom Komitee voll unterstützt. Höchste Priorität sollte bei der (Fort-)Entwicklung von Sicherheitsstandards, der Stärkung und Unterstützung der Genehmigungsbehörden sowie der allseitigen Fortentwicklung der „Sicherheitskultur“ liegen. Die probabilistische Sicherheitsanalyse ermöglicht ein vertieftes Verständnis für sicherheitstechnische Fragestellungen. Ihre erweiterte und verstärkte Nutzung auf Betreiber- und Genehmigungsseite wird empfohlen.

Im Rahmen der technischen Kooperationsprojekte strebt die IAEA die Erarbeitung einer Referenzbasis für die Arbeit an. Das Komitee unterstützt dieses Projekt auch wegen seines Rationalisierungseffektes. Darüber hinaus werden die Aus- und Fortbildung in allen Aspekten der nuklearen Sicherheit unterstützt.

### Mitarbeit in der Arbeitsgruppe zur Vorbereitung einer Entsorgungskonvention

BfS-Vertreter: *H. Röthemeyer*

In zwei Sitzungen vom 20.–24. Januar 1997 und vom 10.–14. März 1997 wurde abschließend ein Konventionentwurf erarbeitet, der einer diplomatischen Konferenz vom 1.–5. September 1997 vorgelegt werden konnte. An dieser Konferenz nahmen 84 Staaten und als Beobachter Ver-

treter von vier internationalen Organisationen teil. Der von der Expertengruppe ausgearbeitete Entwurf zum „Gemeinsamen Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle“ (Entsorgungskonvention) wurde weitgehend akzeptiert und liegt seit dem 29. September 1997 bei der IAEA zur Zeichnung aus.

### OECD/NEA International Project on the Transport of Radionuclides in Geologic, Heterogeneous Media (GEOTRAP)

BfS-Teilnehmer: *J. Wollrath*

Unter dem Namen GEOTRAP wird von der OECD/NEA eine Serie von zunächst fünf Workshops durchgeführt, die sich inhaltlich aufeinander aufbauend mit der Problematik des Radionuklidtransports in heterogenen geologischen Formationen befassen. Die folgenden Themenbereiche werden dabei behandelt:

- Prinzip, Durchführung, modellmäßige Beschreibung und Interpretation von Feldversuchen,
- Entwicklung und Test von Modellvorstellungen und Rechencodes zur Beschreibung des Radionuklidtransports im Hinblick auf die aus Feldversuchen gewonnenen Informationen und
- Möglichkeiten der Abstraktion von Versuchsdaten und Modellvorstellungen zur Standortbeschreibung, für die Sicherheitsanalysen und im Hinblick auf die Vertrauensbildung in die erzielten Resultate.

Auf den Workshops wird neben Übersichtsvorträgen von eingeladenen Experten zu dem jeweiligen Thema breiter Raum für die Erarbeitung von gemeinsamen Vorstellungen der beteiligten Organisationen in Arbeitsgruppen und Plenarsitzungen geschaffen. Die Ergebnisse der Workshops werden von der OECD veröffentlicht. Um einen Erfolg des Projekts zu gewährleisten, legt die OECD/NEA großen

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Internationale Zusammenarbeit

Wert auf eine kontinuierliche Mitarbeit der beteiligten Organisationen.

Der erste Workshop mit dem Titel „Field Tracer Transport Experiments: Design, Modelling, Interpretation, and Role in the Prediction of Radionuclide Migration“ fand vom 28. bis 30. August 1996 bei der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH in Köln statt. Dabei wurde deutlich, daß Tracer-Feldversuche zur Untersuchung des Radionuklidtransports in der Geosphäre nützlich und erforderlich sind. Die Interpretation der Ergebnisse kann wegen der oft im Detail unbekanntem geologischen und damit geometrischen Verhältnisse und Randbedingungen jedoch problematisch sein. Das ist insbesondere in Festgesteinsformationen der Fall. Deshalb ist es erforderlich, vor Versuchsdurchführung die zu erzielenden Ergebnisse genau zu definieren und die Planung eines Versuchs durch entsprechende Modellrechnungen zu unterstützen.

Der zweite Workshop mit dem Titel „Basis for Modelling the Effects of Spatial Variability on Radionuclide Migration“ wurde vom 9. bis 11. Juni 1997 von der Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) in Paris veranstaltet. Es wurde herausgearbeitet, daß die durch die geologischen Gegebenheiten bedingte räumliche Variabilität in unterschiedlichen Scalenebenen zu Unsicherheiten in den Aussagen von Modellrechnungen führt. Das Herausfinden des schnellsten Transportwegs für Radionuklide zwischen Endlager und Biosphäre ist eine der wesentlichen Fragestellungen, die mit Modellrechnungen gelöst werden soll, und bereitet insbesondere in Festgesteinsformationen besondere Probleme. Das Vertrauen in die Aussagen von Modellrechnungen kann erhöht werden, wenn alle möglichen und mit der gegebenen Datenbasis konsistenten Modellkonzeptionen untersucht und bewertet werden. Für die richtige Verwendung und Interpretation von Felddaten ist eine intensive Zusammenarbeit zwischen den Gruppen, die mit der Gewinnung dieser Daten beschäftigt sind, und denen, die in den Modellrechnungen diese Daten benutzen, Voraussetzung.

Der nächste Workshop im Rahmen dieser Serie wird im Frühjahr 1998 in Spanien stattfinden. Die Workshopserie soll Ende 1999 beendet sein.

---

### **Third International Seminar on Radioactive Waste Products (RADWAP '97)**

---

*P. Brennecke*

In Würzburg fand in der Zeit vom 23. bis 26. Juni 1997 die Veranstaltung „Third International Seminar on Radioactive Waste Products (RADWAP '97)“ statt. Dieses Seminar wurde in der Nachfolge zu der zweiten Veranstaltung dieser Art, die im Mai 1990 in Jülich erfolgte, wieder von dem Forschungszentrum Jülich GmbH in enger Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Strahlenschutz und der Europäischen Kommission organisiert und durchgeführt. Ziel dieser Veranstaltung war es, die in den letzten Jahren erreichten technischen und sicherheitstechnischen Fortschritte auf den Gebieten Endlagerungsbedingungen, Abfallgebindeeigenschaften und Abfallcharakterisierung zu präsentieren und zu diskutieren. Die fachlichen Schwerpunkte galten dabei den Maßnahmen und Verfahren zur Qualitätssicherung und Produktkontrolle endzulagernder radioaktiver Abfälle. Da für die Sicherheit eines Endlagers in der Betriebs- und Nachbetriebsphase die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen bestimmend ist, kommt der Produktkontrolle – d. h. dem Nachweis der Einhaltung derartiger Bedingungen – eine entscheidende Rolle zu.

Das Third International Seminar on Radioactive Waste Products wurde von etwa 240 Teilnehmern aus 15 Ländern besucht; das Veranstaltungsprogramm gliederte sich in 43 Fachvorträge und 43 Posterbeiträge. In Ergänzung zu den o. a. wissenschaftlich-technischen Schwerpunkten wurden weitere Sachverhalte wie Normungsfragen oder Erfahrungen aus Genehmigungsverfahren angesprochen und Übersichten über die verschiedenen nationalen Programme im Bereich des Managements radioaktiver Abfälle gegeben.

Das BfS war mit den beiden Fachbeiträgen P. Brennecke „Waste Acceptance Requirements“ und B.-R. Martens „Quality Assurance for Radioactive Waste Packages to be Disposed in Germany“ vertreten; darüber hinaus beteiligte sich das BfS an dem Beitrag R. Odoj/P. Filss/B.-R. Martens „Quality Control Installations of the Quality Control Office“, in dem ein Überblick über die in der Produktkontrollstelle (PKS) des BfS vorhandenen Einrichtungen und Möglichkeiten zur Überprüfung und Kontrolle von endzulagernden radioaktiven Abfällen gegeben wurde.

---

### **Deutsch-Amerikanische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle**

---

BfS-Vertreter: *P. Brennecke, K. Kugel, W. Noack*

In Fortführung bisheriger Fachgespräche auf Arbeitsebene, die mit Vertretern des U.S. Department of Energy/Carlsbad Area Office (DOE-CAO) und seinen wesentlichen Auftragnehmern geführt wurden (BfS-Jahresbericht 1995, S. 313/314), fanden in Albuquerque/New Mexico am 27. und 28. Februar 1997 weitere Besprechungen und Besichtigungen von Laboratorien statt. Schwerpunkte in der fachlichen Diskussion bildeten gemeinsam interessierende Themen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle im Wirtsgestein Salz.

An diesen Fachgesprächen nahmen Vertreter von DOE-CAO und insbesondere der Sandia National Laboratories (SNL) teil, die als Auftragnehmer umfangreiche Teile der auf sicherheitstechnische Belange ausgerichteten Arbeiten für die Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) bei Carlsbad/New Mexico durchführen. Das BfS war durch das Fachgebiet ET-S 1.1 vertreten. Im Rahmen dieser Veranstaltung wurden folgende Themenschwerpunkte behandelt:

DOE: Experimentelles Untersuchungsprogramm WIPP  
Zukünftige F+E-Arbeiten einschließlich internationaler Zusammenarbeit

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Internationale Zusammenarbeit

SNL: Radiologischer Quellterm Sicherheitsanalytische Arbeiten und internationale Überprüfung der durchgeführten Sicherheitsanalysen, Abfallcharakterisierung/Untersuchungen an realen Abfallgebinden, Ausbreitungsrechnungen und Transportmechanismen, Konzepte zum Verfüllen und Verschließen/Abschlußbauwerke

BfS: Stand der deutschen Endlager/Endlagerprojekte

In ihren Beiträgen betonten die SNL-Vertreter wiederholt die Notwendigkeit und Wichtigkeit von Arbeiten zur Ermittlung des Quellterms für die Gasbildung und seine Modellierung im Rahmen von sicherheitsanalytischen Untersuchungen. Hinsichtlich der radioaktiven Abfälle aus der militärischen Nutzung der Kernenergie, die in der WIPP endgelagert werden sollen, wird nach gegenwärtigem Kenntnisstand von ähnlichen Beiträgen zur Gasentwicklung durch korrosive Prozesse und mikrobielle Tätigkeiten ausgegangen.

Für die Ausbreitung von Radionukliden in der Nachbetriebsphase werden zwei- und dreidimensionale Modellrechnungen durchgeführt, wobei es auch gelungen ist, 3D-Rechnungen mit dem geologischen Modell für den Standort der WIPP zu verbinden. Mit diesen Arbeiten wurde die Grundlage für die Verknüpfung von Nahfeld- und Fernfeldrechnungen geschaffen.

Große Probleme, insbesondere bei der Bereitstellung der erforderlichen finanziellen Mittel, werden bei der Charakterisierung der endzulagernden radioaktiven Abfälle gesehen. Da die einzelnen Abfallströme bzw. -chargen jeweils umfassend charakterisiert werden müssen, sind die hierfür abgeschätzten Aufwendungen – bezogen auf die Betriebszeit der WIPP von 35 Jahren – mit etwa 3 Milliarden US-Dollar abgeschätzt worden. Als Vergleich sei auf die Summe von etwa 2 Milliarden US-Dollar verwiesen, die bis zur erwarteten Inbetriebnahme der WIPP ca. Mitte 1998 aufzubringen waren.

An die Präsentation des Stands der deutschen Endlager/Endlagerprojekte schloß sich eine lebhafte Diskussion an. Das Hauptinteresse der amerikanischen Teil-

nehmer galt dem Betrieb des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM), dem Planfeststellungsverfahren für das Endlager Konrad und den dabei durch das BfS gemachten Erfahrungen sowie insbesondere den deutschen Arbeiten/Untersuchungen zu Abfallcharakterisierung, Endlagerungsbedingungen und Produktkontrolle radioaktiver Abfälle.

In Ergänzung zu diesem Informationsaustausch fanden zwei weitere Fachgespräche in der Dienststelle Braunschweig des BfS statt. Am 15. Mai 1997 wurde mit einem Vertreter der Sandia National Laboratories die Diskussion und der Informationsaustausch über das Verfüllen und Verschließen von Endlagern fortgesetzt. Dabei wurden folgende Themenschwerpunkte angesprochen und eingehend diskutiert:

- Geotechnisches Untersuchungsprogramm
- Varianten für ein Verschlußkonzept für das ERAM
- Bewertung von Abdicht- und Verfüllmaßnahmen
- Dichteabhängige Grundwasserströmungen

In Ergänzung dazu wurden ein Überblick über den Betrieb des ERAM gegeben und die fortgeschriebenen Endlagerungsbedingungen (Stand: August 1996) für das ERAM vorgestellt. Eine gemeinsame Befahrung des ERAM am 16. Mai 1997 schloß dieses Fachgespräch ab.

Am 29. Juli 1997 wurde mit dem Vizepräsidenten der Delta Environmental Corporation eine Informationsveranstaltung über den aktuellen Stand der Entsorgung radioaktiver Abfälle durchgeführt. Zunächst wurde vom BfS ein Gesamtüberblick über die aktuelle Situation der Endlagerung in der Bundesrepublik und ein Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen gesetzlicher Vorschriften gegeben. Ausführlicher wurden die Endlagerungsbedingungen für das ERAM und der Stand der Einlagerung radioaktiver Abfälle in dieser Anlage dargestellt. Großes Interesse wurde einem Überblick über die deutschen Vorschriften zum Strahlenschutz im Zusammenhang mit den Aspekten der Endlagerung radioaktiver Abfälle und der Freigabe von

Materialien entgegengebracht. Von amerikanischer Seite wurde mit Hinweisen auf entsprechende Veröffentlichungen der aktuelle Stand der Endlagerprogramme vorgestellt, wobei insbesondere der Bezug zu den Abfällen aus der Plutoniumwirtschaft Berücksichtigung fand. Einen weiteren Schwerpunkt bildeten die Ausführungen zu den Aktivitäten der Ableitung von Freigabekriterien, die in den USA unternommen worden sind.

### **Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Europäischen Union im Bereich der Klassifizierung und Äquivalenz radioaktiver Stoffe**

Deutscher Vertreter: *P. Brennecke*

Im Rahmen des Aktionsplans der Europäischen Union (EU) im Bereich der radioaktiven Abfälle unterstützt die Concerted Action Group (CAG) die EU bei der Bearbeitung von ausgewählten Themenstellungen, die für eine Harmonisierung von Vorgehensweisen und Strategien beim Abfallmanagement von Bedeutung sind. Hierzu zählen insbesondere die Klassifizierung und die Äquivalenz von radioaktiven Abfällen.

Die erste und zweite Sitzung dieser Arbeitsgruppe fanden in Brüssel am 17. Juni und 26. September 1997 statt. An ihnen nahmen Vertreter aus Mitgliedsländern der EU wie auch erstmals Beobachter aus zahlreichen Ländern Zentral- und Osteuropas teil. Ziel der Sitzungen war es,

- Sinn und Zweck dieser neu eingerichteten Arbeitsgruppe darzulegen und die Zielsetzung der beabsichtigten Arbeiten einschließlich der zugehörigen Vorgehensweise zu erläutern,
- Informationen über die verschiedenen nationalen Konzepte und Vorgehensweisen bei der Klassifizierung radioaktiver Abfälle zusammenzutragen, die in einen Bericht umgesetzt werden sollen.

Die Sammlung von grundlegenden Angaben und Informationen über die verschiedenen Abfallklassifizierungssysteme er-

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Internationale Zusammenarbeit

folgte im Rahmen einer Abfrage durch die EU. Ihre Ergebnisse wurden im Rahmen der zweiten Sitzung der CAG vorgestellt und diskutiert. Es ist beabsichtigt, sie in eine Unterlage umzusetzen, die die spezifischen Besonderheiten der einzelnen Mitgliedsländer der EU berücksichtigt, Gemeinsamkeiten bei der Klassifizierung radioaktiver Abfälle herausarbeitet und Vorschläge im Hinblick auf Möglichkeiten einer weitergehenden Harmonisierung bei der Einteilung radioaktiver Abfälle unterbreitet. Diesbezügliche Berichtsentwürfe sind von der EU erstellt und an die Mitglieder der CAG zur Durchsicht und Kommentierung weitergegeben worden.

---

### **Expertengruppe der Europäischen Union zur Bewertung von Studien und Vorhaben zum Management radioaktiver Abfälle und zur Sanierung/Wiederherstellung kontaminierter Landstriche**

---

Deutscher Vertreter: *P. Brennecke*

Im Rahmen des Aktionsplans der Europäischen Union (EU) im Bereich der radioaktiven Abfälle unterstützt die Contract Implementation and Evaluation Group (CIEG) die EU bei der Durchführung von Studien und Vorhaben, die einerseits im Hinblick auf eine Weiterentwicklung und Harmonisierung des Abfallmanagements in den europäischen Staaten wie auch andererseits für Projekte zum Abfallmanagement und zur Sanierung/Wiederherstellung von kontaminierten Landstrichen in der ehemaligen UdSSR gefördert werden.

Die siebente und achte Sitzung dieser Arbeitsgruppe fanden in Brüssel am 4. Februar und 25. September 1997 statt. An ihnen nahmen Vertreter der Länder Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Niederlande, Portugal und Spanien sowie mehrere Vertreter der EU teil. Ziel der Sitzungen war es,

- einen Überblick über kürzlich abgeschlossene und über den Bearbei-

tungsstand von laufenden Vorhaben zu geben und

- das Arbeitsprogramm 1998 vorzubereiten, wobei Vorhabensvorschläge vorgestellt und erste Stellungnahmen über ihre Weiterverfolgung bzw. Förderung im Rahmen des EU-Programmes abgegeben werden sollten.

Die kürzlich abgeschlossenen bzw. zur Zeit laufenden Vorhaben unterteilen sich in

- 18 Projekte mit Themenstellungen, die für die Mitgliedsländer der EU
- 21 Projekte mit Themenstellungen, die für die Länder der ehemaligen UdSSR

relevant sind.

Der Stand von neuen Vorhaben, die für EU-Mitgliedsländer sowie für Länder in Zentral- und Osteuropa von Bedeutung sind und deren Bearbeitung im Jahr 1998 beginnen könnte, ist durch die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel beschränkt. Von insgesamt 20 Vorhabensvorschlägen dürften vor diesem Hintergrund nur einige Vorhaben realisiert werden.

Die Anzahl von neuen Vorhaben, die für die Länder der ehemaligen UdSSR wichtig sind, beläuft sich nach einer vorläufigen Zusammenstellung auf insgesamt 17 Vorschläge. Hierzu zählen erstmals auch Vorschläge, die im Zusammenhang mit militärischen radioaktiven Abfällen stehen, wie z. B. die Ermittlung der zwischengelagerten radioaktiven Abfälle an Militärstandorten oder Erarbeitung von Entsorgungsstrategien für Atom-Unterseeboote.

---

### **Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Europäischen Union zum Management radioaktiver Abfälle**

---

Deutscher Vertreter: *P. Brennecke*

Für die Erarbeitung des „Fourth Report from the Commission on the Present Situation and Prospects for Radioactive Waste Management in the European Union“ hat die Europäische Union (EU) eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe eingerichtet.

Die vierte und fünfte Sitzung dieser Arbeitsgruppe fanden in Brüssel am 5. Februar und 18. Juni 1997 statt. An ihnen nahmen Vertreter der Länder Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Irland, Niederlande, Österreich, Portugal, Schweden und Spanien sowie mehrere Vertreter der EU teil. Ziel der Sitzungen war es, die von der EU jeweils fortgeschriebenen Entwürfe des „Fourth Report“ durchzusprechen, offene Punkte für noch erforderliche Arbeitsschritte zu identifizieren und die weitere Vorgehensweise festzulegen.

In der vierten Sitzung wurden insbesondere übergreifende Aspekte angesprochen, Vorschläge zur Modifikation bzw. Präzisierung bei der Darstellung einzelner Sachverhalte unterbreitet sowie Anpassungen bzw. Ergänzungen aus länderspezifischer Sicht vorgenommen. Eine vertiefte Diskussion galt den Abschnitten „Presence of Toxic Waste in Radioactive Waste Streams“, „Depleted Uranium from Enrichment and Reprocessing“ und vor allem „Waste Containing Enhanced Concentrations of Natural Radionuclides“. Es bestand Konsens innerhalb der Ad-hoc-Arbeitsgruppe, diese Abschnitte innerhalb des „Fourth Report“ beizubehalten, sie aufgrund ihrer sensitiven Themenstellungen jedoch in geeigneter Weise einzuführen und den fachlichen Zusammenhang mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle angemessen aufzuzeigen.

Zur fünften und letzten Sitzung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe wurde ein erster vollständiger Entwurf des „Fourth Report“ mit Stand Mai 1997 einschließlich von Ergänzungen mit Stand Juni 1997 vorgelegt und durchgesprochen. Die während dieser Sitzung gemachten Anmerkungen und Vorschläge sollen durch weitere, noch vorzulegende Stellungnahmen der Mitglieder der Ad-hoc-Arbeitsgruppe ergänzt werden. Nach Umsetzung dieser Kommentare und Erstellung eines fortgeschriebenen zweiten vollständigen Entwurfs soll diese Unterlage dann EU-intern zur Abstimmung und Kommentierung weitergegeben werden, bevor ihre Veröffentlichung erfolgen wird.



# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Internationale Zusammenarbeit

### **Beratertreffen der IAEA zur Durchführung von Sicherheitsanalysen für das Management radioaktiver Abfälle vor ihrer Endlagerung**

Deutscher Vertreter: *B.-R. Martens*

Vom 13. bis zum 18. April 1997 fand in Wien ein Beratertreffen der IAEA statt, bei dem der Entwurf für eine Sicherheitsrichtlinie der IAEA mit dem Arbeitstitel „Safety Assessment for Pre-disposal Waste Management“ überprüft und überarbeitet wurde. An diesem Treffen nahmen auch Vertreter Kanadas und Frankreichs teil.

Die Unterlage beschreibt allgemeine Überlegungen zu und die generelle Vorgehensweise bei der Durchführung von Sicherheitsanalysen. Insbesondere wird dargestellt, welche Randbedingungen zu beachten sind (konventionelle Auswirkungen, Sekundärabfälle) und wie Sicherheitsanalysen zweckmäßig durchgeführt werden. Zunächst sind im Rahmen der nationalen Gesetzgebung Schutzziele festzulegen und die für die Analyse notwendigen Daten der jeweiligen kerntechnischen Anlage im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei möglichen Störfällen zu ermitteln. Auf dieser Grundlage werden sicherheitsanalytische Betrachtungen vorgenommen, die insbesondere die Strahlenbelastung im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen bestimmen. Dabei werden kurz verschiedene Verfahren zur Durchführung von Sicherheitsanalysen erläutert (Fragebögen, Gefährdungs- und Betriebsfähigkeits-Untersuchungen, Fehlerbäume, Ereignisbäume, Ursache-Wirkung-Diagramme sowie tabellenartige Analysen von Fehlern und ihren Auswirkungen). Die Ergebnisse dieser Betrachtungen werden mit den genannten Schutzziele verglichen. Soweit diese Schutzziele erfüllt werden, wird auf dieser Grundlage der sicherheitstechnische Rahmen für den Betrieb der kerntechnischen Anlage festgelegt.

Grundsätzlich entspricht die von der IAEA für Sicherheitsanalysen empfohlene Vorgehensweise dem in der Kerntechnik in Deutschland üblichen Vorgehen. Eine

Überarbeitung wurde insbesondere hinsichtlich einer präzisen Unterscheidung verschiedener Betriebszustände einer kerntechnischen Einrichtung und einer Anpassung an andere von der IAEA herausgegebene Unterlagen vorgenommen. Die Unterlage soll nach den abschließenden internationalen Beratungen als Sicherheitsrichtlinie im Rahmen des RADWASS-Programms der IAEA veröffentlicht werden.

### **Beratertreffen der IAEA zur Qualitätssicherung bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle**

Deutscher Vertreter: *B.-R. Martens*

Vom 30. Juni bis 4. Juli 1997 fand in Wien ein Beratertreffen der IAEA statt, bei dem eine Unterlage mit dem Arbeitstitel „Quality Assurance (QA) for Radioactive Waste Management“ erarbeitet wurde. Dabei wurden auf Wunsch der IAEA die von der IAEA herausgegebenen Sicherheitsrichtlinien für die Qualitätssicherung in Kernkraftwerken und anderen kerntechnischen Einrichtungen (50-C/SG-Q) zugrundegelegt und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf die Entsorgung radioaktiver Abfälle überprüft. Zusätzliche oder abweichende Anforderungen sollten identifiziert und beschrieben werden.

Die in der erarbeiteten Unterlage dargestellten wesentlichen Ergebnisse des Beratertreffens können wie folgt zusammengefaßt werden:

- Im Vergleich zu den für Kernkraftwerke geltenden Regelungen ist im Bereich der Entsorgung bei der Qualitätssicherung wesentlich differenzierter vorzugehen, wobei insbesondere das unterschiedliche Gefährdungspotential der verschiedenen Abfallarten zu beachten ist. Schnittstellen zwischen den Beteiligten und Informationssysteme für die langfristige Bereitstellung von Abfalldaten sind von besonderer Bedeutung.
- Die Dokumentationsanforderungen bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle leiten sich weitgehend aus den für die Behandlung, Konditionierung, Zwischen-

lagerung, den Transport und die Endlagerung geltenden Anforderungen ab und weichen wesentlich von den für die kerntechnischen Einrichtungen selbst geltenden Anforderungen ab.

- Wesentliche Abweichungen bestehen auch bei der Anwendung qualitätssichernder Maßnahmen auf geologische Systeme gegenüber ihrer Anwendung auf kerntechnische Einrichtungen, insbesondere bei der Erkundung, Auslegung, Errichtung, Inbetriebnahme und dem Betrieb von Endlagern.
- Der Betrieb von Endlagern erfordert externe qualitätssichernde Maßnahmen, um eine hinreichende Qualität der endzulagernden radioaktiven Abfälle sicherzustellen.
- Bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle sind über die Stilllegung der Anlage selbst hinausgehend Maßnahmen zum Verfüllen und Verschließen sowie in der Nachbetriebsphase erforderliche Maßnahmen geeigneten qualitätssichernden Maßnahmen zu unterwerfen.

Die erarbeitete Unterlage soll 1998 international beraten und im Rahmen des RADWASS-Programms der IAEA veröffentlicht werden.

### **Komitee der IAEA für die Technik der Entsorgung radioaktiver Abfälle (WATAC)**

BfS-Teilnehmer: *B.-R. Martens*

Vom 3. bis 5. November 1997 fand in Wien das 2. Treffen des beratenden Komitees der IAEA für die Technik der Entsorgung radioaktiver Abfälle (International Radioactive Waste Technology Advisory Committee WATAC) statt. Die Teilnehmer des Treffens wurden von der IAEA über die Umsetzung der für 1997 bis 2000 vorgesehenen Arbeitsprogramme der IAEA informiert. Die Vertreter der eingeladenen Mitgliedsländer legten in eigenen Beiträgen die Entsorgungssituation in ihren Ländern dar. Weiter informierten Vertreter der OECD und der EG die übrigen Teilnehmer

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Internationale Zusammenarbeit

über die aktuell von diesen Organisationen durchgeführten Arbeiten.

Im Rahmen des Treffens wurden insbesondere Fragen der Abfallminimierung, der Sicherheit, der Entsorgung in Staaten mit begrenzter Infrastruktur, der Öffentlichkeitsarbeit und der Aufnahme von Informationen in das Datenbanksystem der IAEA diskutiert. Weiter wurde von der IAEA der Diskussionsstand hinsichtlich der Entwicklung von Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung entsprechend einem Wunsch der Vereinten Nationen präsentiert. Die Teilnehmer des Treffens äußerten sich besorgt, daß die in den vorgeschlagenen Indikatoren vorgenommene Trennung der Entsorgung von der kerntechnischen Energieerzeugung unrealistisch sei und daß die IAEA erhebliche Anstrengungen unternehmen müsse, um geeignete Indikatoren zu entwickeln.

### Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen

BfS-Vertreter: *H. Scheib*

*Teilnahme am XIVten Spent Fuel Management Seminar des Institute of Nuclear Materials Management (INMM)*

Vom 29. Januar 1997 bis zum 31. Januar 1997 fand in Washington D. C. (USA) eine Tagung mit dem Titel „INMM Spent Fuel Management Seminar XIV“ statt, die von ca. 130 Teilnehmern aus 11 Ländern besucht wurde. Schwerpunkte der Sitzungen bildeten die verschiedenen Möglichkeiten/Planungen zur Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen. Das Seminar beschäftigte sich nahezu ausschließlich mit den verschiedenen Technologien, die für die Zwischenlagerung genutzt werden, z. B. mit dem Trockenlagerkonzept in Lagerbehältern, wie in Gorleben und Ahaus derzeit genutzt, aber auch mit neueren Entwicklungen unter Einsatz von für mehrere Anwendungen vorgesehenen Behältern sowie mit sonstigen Lagerkonzepten (Pool-Lagerung, mehrschalige Behälter, Betonlagerung usw.).

In mehreren Sitzungen wurden die verschiedenen Möglichkeiten der Aufbewahrung diskutiert:

- Aufbewahrung in dickwandigen Behältern (CASKs, wie deutsche CASTOR-Behälter),
- Aufbewahrung in Multi Purpose Canisters (MCP), d. h. in dünnwandigen Transportmodulen mit verschiedenen Einsatzkörben (BASKET), die im Lager in Overpacks (aus Stahl oder Beton) gesetzt werden, und
- Erweiterung der bestehenden On-Site-Lagerkapazitäten durch den Einsatz von neuen Lagergestellen in den bestehenden Pool-Lägern.

Seitens der US-Amerikaner wurde Interesse an der Zusammenarbeit mit der deutschen Genehmigungsbehörde für die trockene Zwischenlagerung bekundet. Die Teilnahme konnte zum Erfahrungsaustausch genutzt werden; die bestehenden Kontakte sollen weiter vertieft werden.

### Beförderung radioaktiver Stoffe

*F. W. Collin; M. Cosack*

Vom 10. bis 14. März 1997 fand auf Einladung der IAEA, Wien, die zweite Sitzung des Transport Safety Standards Advisory Committee (TRANSSAC II) statt. Leiter der Sitzung war Dr. F. W. Collin, Leiter der deutschen Delegation war Dr. M. Cosack. Es nahmen 18 Staaten und 5 internationale Organisationen teil. Nach eingehender Diskussion des Gesamtprogramms sprach TRANSSAC bezüglich des Umfangs, der Arbeiten und der Prioritäten eine Reihe von Empfehlungen gegenüber der IAEA aus. Es wurde betont, daß die IAEA auch weiterhin ein umfassendes und wirksames Gesamtprogramm für den Bereich „Sichere Beförderung radioaktiver Stoffe“ aktuell vorhalten muß.

*M. Cosack*

Vom 20.–24. Oktober 1997 fand in Wien bei der IAEA das Technical Committee Meeting on the „Transport Safety Data

Bases“ statt. An den Beratungen nahmen 25 Delegierte aus 18 Ländern und internationalen Organisationen teil. Die Beratungen sollten Empfehlungen für die zukünftige Weiterbearbeitung folgender Datenbasen durch die IAEA geben:

- SHIPTRAM – Erfassung der Transporte radioaktiven Materials in den Mitgliedsländern.
- EVTRAM – Erfassung von Vorkommnissen und Unfällen bei der Beförderung radioaktiver Stoffe.
- EXTRAM – Strahlenexpositionen aufgrund von Beförderungen radioaktiver Stoffe.

Es wurde übereinstimmend festgestellt, daß es zur Überprüfung der Angemessenheit der gegenwärtigen IAEA-Empfehlungen unerlässlich ist, Informationen über diese Datenbasen zu erhalten. Die Schwierigkeit, Daten aus den einzelnen Staaten zu erhalten, wurde zur Kenntnis genommen. Durch vereinfachte Datenbasen und mit Hilfe intensiverer Frageaktionen an geeignete Stellen der Mitgliedsländern besteht Hoffnung, in Zukunft auswertbare Angaben zu erhalten. Der Berichterstatter war Vorsitzender der Arbeitsgruppe „EXTRAM“.

*F. Nitsche*

Vom 24. bis 28. Februar 1997 fand bei der International Maritime Organization (IMO) in London die 2. Sitzung des „Sub-Committees on Dangerous Goods, Solid Cargoes and Containers“ (DSC) statt, mit ca. 150 Vertretern aus 46 Staaten und 18 Organisationen. Dieses Gremium überarbeitet und aktualisiert den von der IMO alle zwei Jahre herausgegebenen IMDG-Code (International Maritime Dangerous Goods-Code), der den Seetransport gefährlicher Güter verbindlich regelt. Eine Schwerpunktaufgabe des DSC besteht in der Einführung der neuen, 1996 veröffentlichten IAEA-Empfehlungen für den sicheren Transport radioaktiver Stoffe (Safety Series No. ST-1) in die Klasse 7 des IMDG-Codes, die bei gleichzeitiger Restrukturierung des IMDG-Codes ab 1. Januar 2001 in Kraft treten sollen. Hierzu wurde ein erster Entwurf der neuen Vorschriften der

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Internationale Zusammenarbeit

Klasse 7 auf der Grundlage der gegenwärtigen Struktur erarbeitet, der gemeinsam mit ersten Hinweisen zur Umstrukturierung an eine spezielle Arbeitsgruppe der IMO (Editorial & Technical Group) zur weiteren Bearbeitung verabschiedet wurde. Außerdem erfolgte die Überprüfung des INF-Codes der IMO (Code for the Safe Carriage of Irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and High Level Radioactive Waste on board Ships) mit dem Ergebnis, den INF-Code unverändert in der vorliegenden Fassung zu belassen.

### F. Nitsche

In Fortführung der IMO-Aktivitäten zur Umsetzung der neuen IAEA-Empfehlungen ST-1, tagte die Editorial & Technical Group (E&T) vom 1. bis 5. September 1997 in London. In einer speziellen Arbeitsgruppe mit Vertretern aus England, Frankreich, Kanada, den Niederlanden, Schweden und Deutschland wurden die Arbeiten zur Klasse 7 (Radioaktive Stoffe) fortgesetzt. Neben der Überprüfung des von der 2. DSC-Sitzung resultierenden Entwurfs der neuen Vorschriften der Klasse 7 standen die Arbeiten zur Restrukturierung entsprechend dem Format der UN-Empfehlungen für Gefährliche Güter (Harmonisierung) im Vordergrund. Als wesentlicher Teil dieser Restrukturierung konnte die Stoffliste (IMDG Dangerous Goods List) für die Klasse 7 im neuen Format erarbeitet werden, wobei diese unter Bezugnahme auf sogenannte Transport Schedules einen vollständigen Überblick über alle einzuhaltenen Anforderungen ermöglicht. Die Ausarbeitung der Transport Schedules wurde begonnen. Die Emergency Schedules des IMDG-Codes wurden entsprechend den neuen ST-1-Anforderungen überarbeitet. Für die planmäßige Fortsetzung der Restrukturierung im IMDG-Code wurde auf die noch ausstehende, endgültige Festlegung der Klasse-7-Textstruktur durch die UN hingewiesen.

### F. Nitsche

Die International Civil Aviation Organization (ICAO) veröffentlicht alle zwei Jahre

die ICAO-Technical Instructions (TI), durch die der Lufttransport gefährlicher Güter weltweit verbindlich geregelt wird. In der Klasse 7 der ICAO-TI werden damit die IAEA-Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material für den Lufttransport umgesetzt. In der Zeit vom 21. bis 25. April 1997 fand eine Arbeitsgruppensitzung des Dangerous Goods Panels (DGP) statt, das das zuständige Gremium bei der ICAO zur Überarbeitung und Aktualisierung der ICAO-TI ist. Eine Hauptaufgabe bestand in der Einführung der neuen, 1996 veröffentlichten IAEA-Empfehlungen Safety Series No. ST-1, die ab 1. Januar 2001 in Kraft gesetzt werden sollen. Hierzu wurde ein erster Entwurf für die Vorschriften der Klasse 7 der ICAO-TI erarbeitet, der gemeinsam mit einigen speziellen Arbeitspunkten der Klasse 7 zur Behandlung auf der 16. Sitzung des DGP bei der ICAO verabschiedet wurde.

### F. Nitsche

In der Zeit vom 20. bis 31. Oktober 1997 fand im Hauptsitz der ICAO in Montreal die 16. Vollsitzung des DGP statt. In einer speziellen Klasse-7-Arbeitsgruppe wurden parallel zur DGP-Sitzung die Arbeiten zur Implementierung der IAEA-Empfehlungen ST-1 fortgesetzt und ein umfassender zweiter Entwurf der neuen Vorschriften der Klasse 7 der ICAO-TI erarbeitet. Dieser Entwurf wurde anschließend vom gesamten DGP angenommen, womit insbesondere die Typ-C-Verpackung sowie die Stoffkategorie LDM (Low Dispersible Material) als wesentliche Neuerungen in die ICAO-TI eingeführt werden.

### F. Nitsche

Die Waste Management Conference WM '97 „HLW, LLW, Mixed Waste and Environmental Restoration-Working Towards a Cleaner Environment“ fand vom 2. bis 6. März 1997 in Tucson, USA, statt, mit etwa 2000 Teilnehmern aus Amerika, Europa und Asien. Sie gehört zu den bedeutendsten internationalen Konferenzen auf dem Gebiet der radioaktiven Abfälle mit einem sehr umfassenden Themenspektrum. Die

Frage des sicheren Transports von radioaktiven Abfällen wurde erstmals als eigenständiges Thema in verschiedenen Sitzungen behandelt und war darüber hinaus auch Gegenstand der Ausstellungen verschiedener Firmen bezüglich neuer Transportbehälterentwicklungen. Als sehr nützlich erwies sich die Möglichkeit des Informationsaustausches zu den Schnittstellen des Transports mit den Gebieten der Abfallbearbeitung und Zwischen- bzw. Endlagerung.

### Ch. Fasten

Vom 2. bis 6. Juni 1997 fand in Wien bei der IAEA das „Technical Committee Meeting on the Comprehensive Review of the Transport Regulatory Approach, Including Interactions with the BSS“ statt. An der Sitzung nahmen 31 Personen aus 16 Staaten und 3 internationalen Organisationen teil.

Nach Herausgabe der IAEA-Regeln für den sicheren Transport radioaktiver Stoffe in den IAEA-Safety Standards Series No. ST-1 (1996) galt es, die künftigen Vorgehensweisen bei der Überarbeitung dieser IAEA-Transportregeln zu überprüfen. Neben der Empfehlung für Zeiten und Schritte wurden auch Kriterien vorgeschlagen, die Änderungen in den Regeln erforderlich machen und rechtfertigen. So wurde empfohlen, nicht mehr – wie bisher – alle 10 Jahre neue Transportregeln von der IAEA herauszugeben, sondern dieses von der Notwendigkeit der Änderungen abhängig zu machen. Des Weiteren wurden Vorgehensweisen empfohlen, die die Übernahme der IAEA-Transportregeln in internationale Abkommen vereinfachen.

### Ch. Fasten, F. Nitsche

Die internationale Konferenz „Transportation for the Nuclear Industry“ wurde zum 4. Mal in Großbritannien durchgeführt. Sie fand vom 13.–15. Mai 1997 in Bournemouth (England) statt. Das Ziel der Konferenz bestand darin, Vertreter von Behörden, der Industrie und von Forschungs- und Entwicklungsinstitutionen über die neuesten Erkenntnisse und Entwicklungen auf dem Gebiet des Transports und

# Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

## Internationale Zusammenarbeit

---

der Verpackung von radioaktiven Stoffen zu informieren. An der Konferenz nahmen ca. 150 Spezialisten aus 14 Ländern und der IAEA teil.

### *Ch. Fasten*

Innerhalb des Wirtschafts- und Sozialrates der Vereinten Nationen (ECOSOC: Economic and Social Council of the United Nations) arbeitet ein Expertenkomitee die Regelungen zum Transport gefährlicher Güter für die weltweite Nutzung aus. Diese werden im sogenannten „orange book“ (Recommendations on the Transport of

Dangerous Goods) veröffentlicht, in dem bei der Klasse 7 „Radioaktive Stoffe“ allerdings bisher im wesentlichen auf die Regelungen zum sicheren Transport radioaktiver Stoffe der IAEA, Wien, verwiesen wurde.

Auf der 13. Sitzung des ECOSOC-Subkomitees (9.–11. Juli 1997, Genf/Schweiz) wurde nunmehr ein Antrag der IAEA behandelt, deren Transportregelungen in das „orange book“ zu integrieren, um die Übernahme des gesamten Regelwerkes zum Transport gefährlicher Güter in die internationalen Vorschriften aller Verkehrsträger zu erleichtern.

### *Ch. Fasten*

Zum Thema „Sicherer Transport radioaktiver Stoffe“ fand vom 7.–25. Juli 1997 in Argonne, Illinois/USA, ein internationaler Trainingskurs statt, der gemeinsam von der IAEA und den USA veranstaltet wurde. Die 28 Kursteilnehmer kamen aus Behörden, Forschungseinrichtungen und der Industrie aus 28 IAEA-Mitgliedsstaaten Afrikas, Südamerikas, Asiens und Europas.

Den Teilnehmern wurde in Form von Vorlesungen, Übungen und Praktika ein umfassender Überblick sowohl über die Regelungen als auch über die Praxis beim Transport radioaktiver Stoffe vermittelt.

## Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

### *Prüfungen, Zulassungen, Genehmigungen*

---

Im Jahre 1997 wurden insgesamt erteilt:

- 91 Zulassungen/Anerkennungen von Versandstücken für Kernbrennstoffe und sonstige radioaktive Stoffe nach den Verkehrsvorschriften.
- 337 Genehmigungen (Einzel-, Mehrfach- und allgemeine Genehmigungen) zur Beförderung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen gemäß § 4 AtG, § 8 StrlSchV und nach den Verkehrsvorschriften.
- 1 Genehmigung zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen gemäß § 6 AtG.

Vakatseite

## Das Bundesamt für Strahlenschutz

### *Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben*

Im Rahmen der Unterstützung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) durch das BfS wird ein Großteil der an externe Auftragnehmer vergebenen Untersuchungsvorhaben aus der BMU-Ressortforschung zu Fragen des Strahlenschutzes und der Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen (insbesondere der Reaktorsicherheit) vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) verwaltungsmäßig und fachlich betreut. Dabei leitet sich der Ressortforschungsbedarf zu den beiden Themenbereichen durch die in den gesetzlichen Regelungen getroffenen Festlegungen und Zuständigkeiten ab.

Aufgrund der durch das Atomgesetz, die Strahlenschutzverordnung und das Strahlenschutzvorsorgegesetz festgelegten Schutzaufgaben obliegt dem BMU als eine der vordringlichsten Aufgaben der Schutz des Menschen vor den Gefahren ionisierender Strahlen. Weiterhin fällt es in die Zuständigkeit des BMU, Vorsorge für den Schutz des Menschen vor den Gefahren nichtionisierender Strahlen zu treffen. Die Durchführung dieser Aufgaben, insbesondere die Erarbeitung von Strahlenschutzvorschriften und die nach Artikel 85 Grundgesetz geforderte Aufsicht über deren Vollzug, ist nur auf einer breiten wissenschaftlich-technischen Grundlage möglich. Dabei sind sowohl grundsätzliche Fragestellungen als auch solche im Zusammenhang mit der konkreten Durchführung einzelner Strahlenschutzmaßnahmen zu untersuchen und zu beantworten. Zur Gewinnung von Entscheidungshilfen für die Fachaufgaben des BMU und zur Umsetzung von Rechtsvorschriften auf dem *Gebiet des Strahlenschutzes* müssen Untersuchungsvorhaben zu einem weitgespannten Themenspektrum durchgeführt werden (Ressortforschung). Die Planung, fachliche und administrative Vorbereitung, Vergabe, Begleitung sowie die fachliche Bewertung der Ergebnisse obliegen dem BfS. Etwa 50 % aller Forschungsvorhaben auf dem *Gebiet des Strahlenschutzes* werden an Universitäten vergeben, jeweils etwa 20 % an Großforschungseinrichtungen und, im Rahmen von Verträgen, an

Firmen. Die restlichen 10 % teilen sich auf verschiedene Organisationen (beispielsweise TÜV, GRS, Berufsgenossenschaften, andere Bundesbehörden) auf.

Die an externe Stellen vergebenen Untersuchungen, Studien und Gutachten der Ressortforschung des BMU auf dem *Gebiet der Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen – insbesondere der Reaktorsicherheit* – dienen dem BMU zur Erfüllung seiner Ressortaufgaben bei der Wahrnehmung der Bundesaufsicht über den Vollzug des Atomgesetzes durch die Länder, bei der Einrichtung von Anlagen zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle sowie bei der staatlichen Verwahrung von Kernbrennstoffen. Art und Themenstellung der Untersuchungen stehen daher einerseits in enger Wechselwirkung mit aktuellen Fragestellungen atomrechtlicher Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren und der Weiterentwicklung des Atomrechts, die einer kurzfristigen Feststellung des Standes von Wissenschaft und Technik als Grundlage und Maßstab für notwendige Entscheidungen bedürfen. Andererseits sind für die Gewährleistung eines auf allen Teilgebieten ausgewogenen Sicherheitsniveaus, für die weitere Konkretisierung der Schadensvorsorge sowie für die Kontrolle und Verminderung des Risikos gemäß dem sich entwickelnden Stand von Wissenschaft und Technik auch grundsätzliche Fragestellungen zu lösen, die einer längerfristigen konzeptionellen und methodischen Entwicklung bedürfen. Die hierzu erforderlichen fachtechnischen Untersuchungen, Studien und Gutachten werden zum überwiegenden Teil von der vom Bund mitgetragenen Gutachterorganisation Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (GRS) durchgeführt. Weiterhin werden Aufträge an Technische Überwachungsvereine (TÜV) sowie an wissenschaftliche und staatliche Einrichtungen (MPA, BAM etc.) vergeben, die auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit arbeiten. In Teilbereichen der kerntechnischen Sicherheit werden Ingenieurbüros und externe Beratungsfirmen des privatwirtschaftlichen Sektors sowie Unterneh-

men der kerntechnischen Industrie mit der Durchführung der Untersuchungen beauftragt.

Der Umfang der vom BfS im Rahmen der verwaltungsmäßigen Betreuung durchzuführenden Vergaben und Abwicklungen von Aufträgen aus dem Bereich der Ressortforschung kann dem Beitrag des Referates Z 1.5 entnommen werden.

Nachstehend sind die Themen der durch die Fachbereiche des BfS begleiteten abgeschlossenen und laufenden Forschungsvorhaben auf den Gebieten des Strahlenschutzes und der Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen in getrennten Übersichten aufgeführt.

Im Anschluß an die jeweilige Übersicht sind für einige ausgewählte, im Berichtszeitraum abgeschlossene Vorhaben deren Zielsetzung und Ergebnisse dargestellt. Anhand der Einzelbeiträge soll exemplarisch dargestellt werden, welche Themenfelder und Fragestellungen aus Sicht des jeweiligen Fachbereichs einer vertieften Bearbeitung bedürften, von besonderer Aktualität sind oder zur Lösung in Zukunft anstehen.

---

#### ***Themen der von den Fachbereichen S und ST fachlich begleiteten Ressortforschungsvorhaben auf dem Gebiet des Strahlenschutzes***

---

Die wesentlichen Schwerpunkte der in 1997 zum Abschluß gebrachten Vorhaben lagen, neben dem Abschluß des Altlastenkatasters, in den Bereichen epidemiologische Studien und radioökologische Modelle. Nach der Auflistung aller geförderten Projekte sind für vier ausgewählte Vorhaben kurz die Ziele, durchgeführten Arbeiten und Ergebnisse dargestellt. Für eine ausführlichere Information wird auf den jährlich erscheinenden „Programmreport Strahlenschutz“ verwiesen, der auf alle Projekte detaillierter eingeht.

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

### Abgeschlossene Vorhaben

#### Fachliche Begleitung durch den Fachbereich Strahlenhygiene

- Fall-Kontroll-Studie zur Ermittlung der Ursachen kindlicher Leukämie in der Bundesrepublik Deutschland
- Validierung und Verifizierung fortgeschrittener Ausbreitungs- und Strömungsmodelle
- Weiterentwicklung von Dosimetern für die Messung von Elektronenstrahlen
- Aufarbeitung der epidemiologischen Daten der Wismut AG Berufsgenossenschaften
- Zeitlicher Verlauf der Aufnahme und Verteilung von Radiocaesium in landwirtschaftlichen Nutzpflanzen
- Radioökologische Modelle für Binnengewässer
- Verbesserung der Meßverfahren bei der Ausscheidungsanalyse
- Erstellung von Berechnungs- und Simulationsprogrammen für Feldverteilungen im Körper
- Lymphomstudie – Pilotstudie

#### Fachliche Begleitung durch den Fachbereich Strahlenschutz

- Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten (Altlastenkataster); Teilprojekt 3: Altlasten Bergbau (Messungen)

### Laufende Vorhaben

#### Fachliche Begleitung durch den Fachbereich Strahlenhygiene

- Erprobung des Entscheidungshilfesystems
- Schilddrüsen-Karzinom-Entstehung nach Applikationen von <sup>131</sup>Iodid im Rahmen des Radioiodtestes bei Kindern

- Verbesserung der Meßverfahren bei Ganz- und Teilkörperzählern
- Ablagerung von aerosol-gebundenen Radionukliden bei Regen, Schneefall und Nebel
- Verfahren zur Inkorporationsüberwachung – Untersuchungen zur Messung und Interpretation von Radionuklid Ausscheidungen über die Ausatemluft, insbesondere für Thoriumfolgeprodukte
- Berücksichtigung des Beitrages aus natürlichen Quellen aufgenommener Radionuklide bei der Ausscheidungsanalyse, insbesondere für Thorium und Uran
- Auswertung hämatologischer Daten von Strahlenexponierten aus dem Gebiet der ehemaligen UdSSR
- Maßnahmen im Ereignisfall – Untersuchungen zur Reduzierung des Transfers von Radioiod in die Milch durch die Fütterung von stabilen Iodgaben
- Lokalisation von „heißen“ Teilchen
- Bewertung tätigkeitsspezifischer Strahlenexpositionen in kerntechnischen Anlagen
- Prüfung der Möglichkeit von Reaktionsfenstern von ELF-Magnetfeldern bei biologischen Systemen
- Untersuchungen zur Wirkung von Mikrowellen niedriger Intensität auf biologische Systeme
- Quantifizierung und Klassifizierung von subjektiven Wahrnehmungen geringer, umweltbedingter Exposition elektromagnetischer Felder: I. akustische Wahrnehmungen
- Induktion genetischer Instabilitäten durch ionisierende Strahlung
- Aufkommen und Bewertung radioaktiver Reststoffe
- Experimentelle Untersuchungen zum Transport von Radionukliden im arktischen Ozean
- Bestimmung der Lebenszeitdosis bei beruflich strahlenexponierten Personen mit dem Glykophorin-A-Test und Entwicklung neuer biodosimetrischer Verfahren
- Untersuchung molekularer und zellulärer Entstehungsmechanismen UV-induzierter Hautkrebse
- Untersuchungen zur Umsetzung neuer Ergebnisse von Risikoanalysen auf die Notfallschutzplanung in der Umgebung kerntechnischer Anlagen
- Lungenkrebsrisiko durch Radon in Deutschland; Ergänzungsstudie Thüringen und Sachsen sowie gemeinsame Risikobewertung der Ost- und Weststudie
- Pilotstudie zur Ermittlung der Todesursachen für geplante Kohortenstudie bei Wismut-Beschäftigten
- DV-unterstützte Verwaltung von REI-Daten und Zusammenführung mit IMIS-Daten
- Radioaktive Reststoffe und Abfälle nach Störfällen, deren Behandlung, Verwertung und Beseitigung
- Die Bedeutung der individuellen Strahlenempfindlichkeit für die Abschätzung des individuellen Strahlenrisikos beruflich strahlenexponierter Personen unter gegebenen Expositionsumständen
- Gesundheitliche Bewertung Wismutbeschäftigte – Pathologische Untersuchungen von Lungenkrebsfällen für Teilprojekte 1 + 2
- Entwicklung von Strategien zur Inkorporationsüberwachung von beruflich strahlenexponierten an PET-Zentren
- Biologische Wirksamkeit von Auger-Elektronen emittierenden Radionukliden
- Entstehungsmechanismus stabiler Translokationen, Deletionen und Mutationen nach ionisierender Bestrahlung
- Die biologische Wirkung von langandauernden Strahlenexpositionen im Bereich kleiner Dosen bei niedriger Dosisleistung im Vergleich zu akuten Expositionen mit hohen Dosen und hoher Dosisleistung
- Nachweis genetischer Veränderungen in repetitiven DNA-Sequenzen in somatischen menschlichen Zellen nach Bestrahlung im niedrigen Dosisbereich



## Das Bundesamt für Strahlenschutz

### Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

- |  |   |  |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stabile Chromosenenaberrationen als Biomarker für gesundheitliche Risiken</li> <li>- Untersuchungen des Auftretens von quasitransformierten oder präneoplastischen Zellen</li> <li>- Untersuchung zum Einfluß der Atmosphäre auf die UV-Strahlung am Boden</li> <li>- Lymphomstudie – Hauptstudie</li> <li>- Überprüfung von Ökosystemen nach Tschernobyl hinsichtlich der Strahlenbelastung der Bevölkerung</li> <li>- Probabilistische Berechnungen von Dosiskoeffizienten zur Quantifizierung der Unsicherheiten</li> <li>- Ermittlung von Patientendosiswerten bei der CT und Maßnahmen zu deren Reduzierung</li> <li>- Untersuchungen zur biologischen Wirkung des gepulsten Ultraschalls an In-vitro-Zellkulturmodellen sowie in vivo unter besonderer Berücksichtigung von Kavitationsphänomenen</li> <li>- Transport von radioaktiven Stoffen in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone</li> <li>- Untersuchungen und Reproduktion von biologischen Effekten unter Kontrolle der Mikrodosimetrie auf Einzelzellebene bei verschiedenen Hochfrequenzexpositionen</li> <li>- Radiologische Berechnungsgrundlagen zu § 7 Abs. 2a AtG</li> <li>- Verbesserung der Datenlage über Bioeffekte speziell teratogener Effekte statischer Magnetfelder über 2 T sowie Bestimmung der Schwellenwerte für</li> </ul> | <p>Bioeffekte zeitlich schnell veränderlicher Magnetfelder</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Historische (retrospektive) Kohortenstudie bei Beschäftigten der Fa. Wismut mit eingebetteter Fall-Kontroll-Studie für Lungenkrebs</li> <li>- NF-Exposition und Leukämie – Systematische Bestandsaufnahme über die Höhe der Exposition durch niederfrequente Magnetfelder und die Anzahl der betroffenen Personen im täglichen Bereich; Messung</li> <li>- Erfassung aller auf ATÜ-Bogen vorliegenden Angaben zum Rauchverhalten der WISMUT-Beschäftigten, die Teil der Kohorte sind</li> <li>- Erstellung von Hämopoese-Modellen aufgrund datenbankmäßig, detailliert erfaßter Strahlenunfälle – Systematisierung chronischer Strahlenexpositionen</li> <li>- Entwicklung der Leukämieinzidenz bei Kindern und Erwachsenen in den vom Reaktorunfall in Tschernobyl betroffenen Regionen von Weißrußland und der Ukraine sowie in den anderen Teilen der beiden Republiken</li> <li>- Analyse tierexperimenteller Untersuchungen zur relativen biologischen Wirksamkeit von Strahlen unterschiedlicher Qualität, insbesondere Neutronen bei der Krebsinduktion</li> <li>- Systematische Bestandsaufnahme über die Höhe der Exposition durch niederfrequente Magnetfelder und die Anzahl der betroffenen Personen im täglichen Bereich; Medizinstatistische Auswertung des Auftretens von Leukämie-Erkrankungen</li> </ul> | <p><b>Fachliche Begleitung durch den Fachbereich Strahlenschutz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Auslaugverhalten von umschlossenen radioaktiven Quellen im Boden 3. Korrosionsuntersuchungen an den Umhüllungen</li> <li>- Bestimmung der dosisbestimmenden physikalischen Parameter (F-Faktor, fp-Faktor, ...) im Hinblick auf Vergleich der outdoor-indoor-Radonexposition</li> <li>- Messung des Radons und seiner Folgeprodukte in Wohnräumen und im Freien</li> <li>- Untersuchungen zur Strahlenexposition durch Radon und Radonfolgeprodukte an Arbeitsplätzen in Gebäuden</li> <li>- Geogene Faktoren der Strahlenexposition unter besonderer Berücksichtigung des Radonpotentials</li> <li>- Erstellung von technischen Regeln für den Strahlenschutz</li> <li>- Radon-Reduzierung in Wasserwerken</li> <li>- Kontrolle der Repräsentativität der Probenahme bei der Raumluftüberwachung, insbesondere für Thorium und Uran</li> <li>- Abschließende Messungen zum Vorhaben St.Sch. 1087 „Berufliche Strahlenexposition durch Radon“</li> <li>- Hochaufgelöste ortsabhängige Multi-Element-Analysen von mit allgemein toxischen und radioaktiven Elementen belasteten Lungengeweben mit Hilfe der Röntgenmikrosonde</li> </ul> |
|--|---|--|

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

### Einzelbeiträge zu ausgewählten Vorhaben

#### Zeitlicher Verlauf der Aufnahme und Verteilung von Radiocäsium in landwirtschaftlichen Nutzpflanzen

Fachbegleiter: Dr. Wirth

Ziel des Vorhabens war die quantitative Erfassung der Aufnahme und Translokation von Radiocäsium nach einer Kontamination von Roggen, Weizen und Kartoffeln durch direkte Ablagerung von Radiocäsium. Es sollte systematisch untersucht werden, wie hoch die Translokationsrate in die Getreidekörner und Kartoffelknollen ist, wenn die Kontamination der Oberfläche zu verschiedenen Vegetationszeitpunkten erfolgt.

#### Durchgeführte Arbeiten

Die Anzucht von Weizen, Roggen und Kartoffeln wurde in klimatisierten Gewächshäusern durchgeführt. Die Getreidepflanzen wurden zu den Zeitpunkten „Bestockung“, „Schossen“, „Ährenschieben“ und „Blüte“, die von Kartoffelpflanzen während des Stengelwachstums, dem Bestandesschluß, der Blüte und dem Knollenwachstum durchgeführt. Dazu wurden die Pflanzen kopfüber in eine Lösung mit einer Konzentration von 25 kBq/l Cs-134-Chlorid 1 Minute lang eingetaucht und dann 60 Minuten getrocknet, bevor sie wieder umgedreht wurden. Die Ernte des Pflanzenmaterials erfolgte in 2- bis 3wöchigen Abständen nach der Kontamination. Bei der Ernte wurde eine Trennung in Blatt, Wurzeln und Erntegutanteil durchgeführt, die anschließend gammaspektrometrisch vermessen wurden. Aus den Ergebnissen wurden Translokationsfaktoren für Getreidekörner und Kartoffelknollen abgeleitet und mit bereits publizierten Daten verglichen.

#### Ergebnisse

Die für Getreidekörner abgeleiteten Translokationsfaktoren sind für die Entwicklungsstadien „Schossen“ und „Ährenschieben“ etwa gleich hoch und liegen für Weizen und Roggen zwischen 0,012 und 0,023. Die Kontamination der Pflanze im Stadium der Blüte führt zu einer etwa 10mal höheren Cäsiumkonzentration im Korn als bei Kontaminationen in den früheren Stadien. Für Weizen wurde ein entsprechender Translokationsfaktor von 0,38, für Roggen von 0,11 abgeleitet. Die Translokationsfaktoren für Kartoffeln waren weitgehend unabhängig vom Entwicklungsstadium. Die Werte für die Kontaminationszeitpunkte „Stengelwachstum“, „Bestandesschluß“, „Blütenwachstum“ und „Knollenwachstum“ bewegten sich zwischen 0,021 und 0,039.

Diese Ergebnisse zeigen, daß nach einem Ereignisfall die Aufnahme von Radiocäsium über das Blatt und die anschließende Translokation zu einer erheblichen Kontamination von Getreidekörnern und Kartoffelknollen führt. Die Untersuchungen sind für IMIS/PARK sehr wertvoll, da sich mit diesen Ergebnissen die Kontamination von drei der wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturen nach einem Unfall besser abschätzen läßt. Es darf angenommen werden, daß die Ergebnisse für Weizen und Roggen weitgehend auch auf Hafer und Gerste übertragen werden können.

#### Radioökologische Modelle für Binnengewässer

Fachbegleiter: Dr. Wirth

Im „Integrierten Meß- und Informationssystem“ (IMIS) wird derzeit der aquatische Pfad noch nicht berücksichtigt. Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Eignung von radioökologischen Modellen

- zur Quantifizierung des Eintrags von Radionukliden in Gewässern, durch direkte Ablagerung und durch Runoff,

- für den Aktivitätsverlauf im Wasser und im Sediment sowie
- für die Kontamination von Fischen

jeweils in Abhängigkeit von Zeit und Ort zu analysieren.

#### Durchgeführte Arbeiten

In einer sehr ausführlichen Studie wurden 9 Modelle für den Oberflächenabfluß, 19 Modelle für Fließgewässer und 14 Modelle für stehende Gewässer hinsichtlich ihrer Eignung für IMIS untersucht. Bei der Analyse aller Modelle wurde geprüft, inwieweit sie geeignet sind, zeitliche und räumliche Veränderungen der Radionuklidkontamination in einem Gewässer bei einer großflächigen Kontamination der Umwelt zu beschreiben. Als wesentliche Kriterien für die Beurteilung wurden die Komplexität eines Modells, die Verfügbarkeit von Parametern, akzeptable Rechenzeiten und die Möglichkeit der Koppelung mit anderen Modellen herangezogen. Bei den Modellen zum Oberflächenabfluß wurden als wichtigste Prozesse analysiert: Infiltration, Evapotranspiration, Oberflächenabfluß, Zwischenabfluß und Erosion. Im Mittelpunkt der Analyse bei Fließgewässern standen: Dynamik des Wassertransports im Vorfluter sowie in Flußnetzen, der Transport von gelösten Stoffen, der Transport von Sedimenten, die Erosion sowie Ablagerung und die Ausbreitung der Aktivitätsfahne im Fluß (lateral – longitudinal). Bei stehenden Gewässern sind die wichtigsten Prozesse, die eine Konzentrationsverteilung in einem See verändern können: Wind, Verweilzeiten, Migration im Boden, Sedimentation, Remobilisation und Übergang von fester zu gelöster Phase im System Wasser/Sediment. Jedes radioökologische Modell wurde ausführlich charakterisiert und hinsichtlich seiner Eignung für die Anforderungen in IMIS bewertet. Den Abschluß bildete eine vergleichende Betrachtung der jeweiligen Modelle für Oberflächenabfluß, Fließgewässer und stehende Gewässer.

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

### Ergebnisse

In jedem der 3 Teilbereiche Oberflächenabfluß, Transport in Fließgewässern und stehende Gewässer wurden Rechenprogramme identifiziert, die prinzipiell für den Einsatz in IMIS/PARK geeignet erscheinen, da sie die Mehrzahl der geforderten Kriterien erfüllen. Allerdings wurde ebenso festgestellt, daß keines der getesteten Programme z. Z. allen Anforderungen gewachsen ist. Kein Modell beinhaltet die Möglichkeit zur Datenassimilation, wie sie von IMIS gefordert wird. Als am ehesten geeignete Modelle werden folgende Modelle vorgeschlagen: RETRACE/RODOS und MARTE für den Oberflächenabfluß, RIVTOX/RODOS und TODAM für Fließgewässer sowie LAKECO/RODOS und VAMP für Seen. Hinsichtlich einer Harmonisierung auf europäischer Ebene erscheint es sinnvoll, die im RODOS-System integrierten Modellketten für IMIS zu erüchtigen.

### Erstellung von Berechnungs- und Simulationsprogrammen für die Feldverteilung im Körper

Fachbegleiterin: Dr. Vogel

Ziel des Projekts war die meßtechnische dosimetrische Bewertung von auf dem Markt befindlichen Funksystemen sowie, insbesondere im Hinblick auf zukünftige Kommunikationssysteme, die Erstellung und Optimierung eines Simulationsprogramms zur Berechnung von Feldverteilungen im menschlichen Körper. Bei der dosimetrischen Bewertung von Funksystemen sind neben Handfunktelefonen für die derzeit bestehenden digitalen Mobilfunksysteme (GSM und DCS 1800) Endgeräte zur automatischen Gebührenerhebung auf Autobahnen, Bündelfunkanwendungen, WLAN-Anwendungen (Wireless Local Area Network) sowie satellitengestützte Mobilfunksysteme von Interesse.

### Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Messungen wurden mit dem dosimetrischen Meßsystem DASY (Dosimetric As-

essment System) durchgeführt. Zu dem Gesamtsystem gehörten ein Roboter zur genauen Positionierung von Sonden, E- und H-Feldsonden, ein Phantom zur Nachbildung des menschlichen Kopfes und eine Software, die eine Auswertung der Meßwerte im Sinne verschiedener Normen erlaubt.

Das Verfahren zur Bestimmung der SAR-Werte (Spezifischen Absorptionsrate) beruht auf einer Messung der Verteilung elektrischer Feldstärken in einer Nachbildung des menschlichen Kopfes. Um einer realen Situation nahe zu kommen, wurde ein anatomisch korrekt geformtes Fiberglasphantom eingesetzt. Dieses Schalenmodell war mit einer gewebesimulierenden Flüssigkeit gefüllt.

Die SAR-Werte wurden aus der gemessenen Verteilung der elektrischen Feldstärke  $E$ , der vorgegebenen Leitfähigkeit  $\sigma$  und der Dichte  $\rho$  der gewebesimulierenden Flüssigkeit berechnet. Außen am Kopf wurde an festgelegten Positionen das zu charakterisierende Funksystem betrieben.

Die Vermessung der sich dadurch ausbildenden elektrischen Feldstärkeverteilung erfolgte mit Hilfe spezieller, hochempfindlicher und sehr kleiner Sonden, die für den Einsatz in entsprechenden Flüssigkeiten kalibriert waren und eine hohe örtliche Auflösung ermöglichten. Außerdem wurden die Sonden so konstruiert, daß die Störung der Feldstärkeverteilung durch die Anwesenheit der Sonde extrem klein ist. Aus der so ermittelten räumlichen Verteilung der SAR-Werte im Kopf wurde entsprechend den Normenentwürfen jenes würfelförmige Gebiet gesucht, für das der mittlere SAR-Wert ein Maximum erreicht. Die Größe der Würfel ist unterschiedlich, die ANSI-Norm verlangt ein Gebiet mit einer Masse von 1 g, während andere Normenentwürfe ein Gebiet mit einer Masse von 10 g vorschreiben.

### Dosimetrische Vermessung eines INMARSAT-M-Gerätes

Für eine detaillierte Untersuchung wurde das INMARSAT-M-Gerät *Satphone 1600 B* herangezogen. In dem Aktenkoffer befindet sich im Deckel eine Planarantenne, die auf den für die entsprechende Region zu-

ständigen Satelliten ausgerichtet werden muß, ein Telefonhörer und die zugehörige Elektronik. Das Gerät kann entweder mit Energie aus der Steckdose, einer Autobatterie oder dem Bordsystem eines Schiffes versorgt werden.

Anders als bei einem Mobilfunktelefon (Handy), wo Hörer, Mikrofon und eine wenig richtende Antenne starr verbunden sind, sind beim *Satphone* unterschiedliche Positionen des Kopfes bezüglich der richtenden Antenne möglich und müssen getrennt untersucht werden. Dazu sind zwei Grundpositionen betrachtet worden. Zunächst ist von der Situation ausgegangen worden, daß sich der Benutzer vorschriftsmäßig hinter der von ihm abgewandten Antenne befindet. Ausgehend von dieser „intended use“-Position ist es möglich, die Antenne in Richtung des Kopfes zu schwenken. Die Auswirkung eines solchen Schwenks ist für 6 Winkel vermessen worden. Die höchsten SAR-Werte wurden aber erwartungsgemäß dann registriert, wenn sich eine Person vorschriftswidrig direkt in der Hauptstrahlrichtung aufhält. Die Untersuchung des letztgenannten Falls sollte die Angabe zum Sicherheitsabstand des Herstellers überprüfen.

Falls sich der Benutzer des Gerätes nicht vorschriftsgemäß hinter der Antenne, sondern in Hauptstrahlrichtung befindet, werden die Grenzwerte nach etwa 1,2 m Abstand unterschritten. Die Forderung aus der Bedienungsanleitung, einen Mindestabstand von 2,3 m in Hauptstrahlrichtung einzuhalten, beinhaltet demnach einen großen zusätzlichen Sicherheitsfaktor. Alle anderen Werte, insbesondere der für die „intended use“-Position, liegen deutlich unter den Grenzwerten.

### Dosimetrische Bewertung eines WLAN-Systems

Die Vernetzung von Computern in Firmengebäuden wird heute zumeist mittels Koaxialkabeln, Twisted-Pair-Verbindungen oder Glasfaserkabeln vorgenommen. Änderungen an dieser Verkabelung, wie sie beispielsweise bei der Neuorganisation eines Großraumbüros notwendig werden, lassen sich nur mit erheblichem Aufwand durchführen. Deshalb stehen funkbasierte

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

Übertragungsverfahren für WLANs, bei denen jeder Computer mit einer Transceiver-Einheit ausgestattet ist, kurz vor der Einführung in den Massenmarkt. Ein solches Gerät der Firma Harris Semiconductor ist im Rahmen der durchgeführten Arbeiten dosimetrisch bewertet worden.

### Relevante Systemmerkmale des untersuchten WLAN-Systems

Rechnerseitig erfolgt die Funkkommunikation anhand einer PC-Einschubkarte, die mit einer omnidirektionalen Antenne ausgestattet ist. Der verwendete Frequenzbereich liegt im ISM-Band bei 2412 – 2484 MHz. Das verwendete Vielfach-Zugriffsverfahren basiert auf der CDMA-Technik (Code Division Multiple Access), insofern wird bei der Übertragung von Daten kontinuierlich gesendet. Hierbei beträgt die Sendeleistung 63 mW (18 dBm) ohne Verwendung einer Leistungsregelung wie etwa im Bereich GSM-Mobiltelefone. Für dosimetrische Untersuchungen kann daher von einem CW-ähnlichen Signal mit konstantem Leistungspegel ausgegangen werden.

### SAR-Analyse des WLAN-Systems

Für funkbasierte WLAN-Systeme existieren keine Meßvorschriften, wie und mit welchen Meßsystemen SAR-Werte zu bestimmen sind. Da in den Datenblättern des Herstellers kein Sicherheitsabstand angegeben wird, ist von der worst-case-Position des Funksystems in bezug auf den Benutzer auszugehen. Hierbei berührt der Benutzer die Antenne der PC-Einschubkarte des WLAN-Systems. Zusätzlich wurde die Abhängigkeit der auftretenden SAR-Werte als Funktion des Abstands zwischen Antenne und Kopf des Benutzers bis zu einem Gesamtabstand von 5 cm untersucht.

Die normenkonform ermittelten SAR-Werte des WLAN-Systems in bezug auf den amerikanischen ANSI-Grenzwert sowie für den deutschen bzw. europäischen Normenentwurf zeigen, daß beide Grenzwerte selbst in der ungünstigsten Betriebsposi-

tion, bei der die Antenne des WLAN-Systems den Kopf des Benutzers berührt, eingehalten werden. Für Abstände oberhalb von etwa 2,5 cm werden die beiden untersuchten Grenzwerte um mehr als den Faktor 10 unterschritten.

### Fall-Kontroll-Studie akuter Leukämien und Lymphome bei Kindern

*Fachbegleiter: Dr. Grosche*

Seit einigen Jahren wird diskutiert, ob der Betrieb von kerntechnischen Anlagen zu einem erhöhten Krebsrisiko insbesondere der kindlichen Bevölkerung in ihrer Umgebung führt. Ausgehend von dieser Diskussion, führte das Mainzer Kinderkrebregister eine Inzidenzstudie zu den Erkrankungsraten für kindliche Tumoren in der Nähe von Kernkraftwerken durch. Dabei wurden die Inzidenzen in einem 15-km-Radius um die kerntechnischen Anlagen denen ausgewählter Vergleichsregionen gegenübergestellt. In die Studie wurden auch Regionen um geplante kerntechnische Anlagen einbezogen, da einige Ergebnisse aus der Literatur, u. a. auch die Vorgängerarbeit (KKW1-Studie), auf eine Erhöhung der Erkrankungsrate in diesen Gebieten hinweisen.

### Durchgeführte Arbeiten

Die Studie gliedert sich in zwei Teile, die KKW-Studie und die bundesweite Studie (Cluster-Studie).

In der KKW-Studie wurden retrospektiv und prospektiv für den Zeitraum von 1980 bis Mitte 1994 alle Eltern erkrankter Kinder in der Umgebung bestehender und geplanter kerntechnischer Einrichtungen befragt.

In die Cluster-Studie wurden bundesweit in der Zeit zwischen Mitte 1992 und Mitte 1994 alle Eltern neu erkrankter Kinder einbezogen. Für diesen Zeitraum überschneiden sich die beiden Studienteile.

In der KKW-Studie werden folgende Fälle mit Kontrollen im Verhältnis 1:1 verglichen:

- Leukämien und Lymphome in KKW-Regionen mit nicht erkrankten Kindern in KKW-Regionen,
- Leukämien und Lymphome in Vergleichsregionen mit nicht erkrankten Kindern in Vergleichsregionen,
- Leukämien und Lymphome in Planungsregionen mit nicht erkrankten Kindern in Planungsregionen.

In der bundesweiten Studie werden folgende Fälle im Verhältnis 1:1 mit Kontrollen verglichen:

Leukämien und Lymphome in der Bundesrepublik mit

- nicht erkrankten Kindern aus denselben Gemeinden wie den Fällen,
- mit Kindern anderer Tumordiagnose in der Bundesrepublik Deutschland und
- mit nicht erkrankten Kindern aus derselben Gemeinde wie die anderen an Tumoren erkrankten Kinder.

Folgende Fallzahlen wurden erreicht:

- I. KKW-Studie
  - A.543 Leukämie
  - B.91 Non-Hodgkin-Lymphome
  - C.688 Kontrollen
- II. bundesweite Studie
  - A.755 Leukämien
  - B.172 Non-Hodgkin-Lymphome
  - C.940 ausgewählte Tumoren
  - D.2057 Kontrollen

Die Fälle wurden über das Mainzer Kinderkrebregister bezogen, Kontrollen wurden über die Einwohnermeldeämter gewonnen.

Die Interviews wurden durchgeführt mittels Selbstausfüll-Fragebogen und mittels telefonischer Befragungen.

### Ergebnisse

Die konfirmatorische Prüfung der explorativen Ergebnisse der ersten Arbeit zur Häufigkeit kindlicher Leukämien in der Umgebung westdeutscher Kernkraftwerke

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

(KKW1-Studie) erbrachte folgende Ergebnisse:

- die unauffälligen Ergebnisse der KKW1-Studie zur Häufigkeit kindlicher Leukämien im 15-km-Umkreis um die Anlagen konnten reproduziert werden;
- nicht reproduziert werden konnte das statistisch auffällige Ergebnis der KKW1-Studie bei den unter 5jährigen mit akuter Leukämie in der gesamten 15-km-Region;
- tendenziell bestätigt wurden die Befunde eines erhöhten Risikos bei den unter 5jährigen mit akuter Leukämie in der 5-km-Region um die Anlagen, ohne daß dieser Befund diesmal statistische Signifikanz erreichte;
- nicht reproduziert werden konnte der Befund eines erhöhten Risikos kindlicher Leukämien in der Umgebung der alten Anlagen (erste Kritikalität vor 1970).

Diese Aussagen basieren auf insgesamt 979 Leukämiefällen.

In der Fall-Kontroll-Studie zeigten sich folgende Ergebnisse:

- für Kinder von Müttern, die bei der Geburt jünger als 20 Jahre alt waren, zeigt sich ein tendenziell erhöhtes Risiko;
- es zeigen sich Hinweise, daß bei Kindern von Müttern mit einer Neigung zu gestörten Schwangerschaftsverläufen ein erhöhtes Risiko besteht;
- es ergaben sich keine Hinweise darauf, daß die Beeinträchtigung des Immunsystems ein Risikofaktor für eine kindliche Leukämie ist;
- es konnte kein erhöhtes Leukämierisiko der Kinder durch intrauterine oder frühkindliche Strahlenexposition beobachtet werden;
- eine berufliche Strahlenexposition der Mutter war nicht mit dem Leukämierisiko des Kindes assoziiert;
- bei Betrachtung aller Väter, die bis zum Zeitpunkt der Zeugung unter dosimetrischer Überwachung in einer kerntechnischen Anlage tätig gewesen waren, ergibt sich ein statistisch nicht auffälliges Odds Ratio von 2;

- eine Benzolexposition der Eltern war nicht mit dem Auftreten kindlicher Leukämieerkrankungen assoziiert;
- es besteht eine Assoziation zwischen Leukämieerkrankungen bei Kindern unter 18 Monaten und der Nähe zu Niederspannungsleitungen;
- die Studie hat erneut einen Hinweis auf eine mögliche Assoziation zwischen dem Einsatz von Pestiziden und dem Auftreten von Leukämien im Kindesalter erbracht;
- die Untersuchung möglicher Wirkungsunterschiede einzelner Einflußfaktoren in KKW- und Vergleichsregionen ergab keinen Hinweis auf etwaige Wechselwirkungen;
- Clusterregionen waren häufiger ländlich geprägt (was z. T. mit der Definition zusammenhängen kann, die größere Abweichungen vom Erwartungswert stärker gewichtet, die wiederum besonders häufig in kleinen Gemeinden beobachtet werden);
- auffällig ist der vergleichsweise häufige Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in Garten und Landwirtschaft, was z. T. mit der ländlichen Struktur zusammenhängt.

Es wurden keine Risikofaktoren gefunden, die mit dem Betrieb einer kerntechnischen Anlage zusammenhängen.

---

### **Themen der vom Fachbereich KT fachlich begleiteten Ressortforschungsvorhaben**

---

Die Auswahl wurde auf solche Vorhaben beschränkt, die einen Beitrag zu Schwerpunktaufgaben des Fachbereichs KT liefern und somit in übergeordnete Zielsetzungen eingebunden sind.

#### **Abgeschlossene Vorhaben**

- Qualifizierung und Bewertung von erfolgversprechenden Methoden zur Fehlerfrüherkennung und zur Reduzierung von Strahlenbelastung bei der

Überwachung und Prüfung sicherheitstechnisch wichtiger Rohrleitungen; Potentialsonden-Meßtechnik

- Genehmigungsspezifische Fachberatung zu Sicherheitsfragen der Energieversorgung von Kernkraftwerken
- Untersuchungen der Sicherheits- und Qualifizierungsanforderungen an neue rechnergestützte Sicherheitsleittechnik zukünftiger Reaktoren als Basis eines ganzheitlichen Bewertungsmaßstabes
- Erarbeitung von Unterlagen im Hinblick auf die Ergänzung und Weiterentwicklung des kerntechnischen Regelwerkes
- Probabilistische Sicherheitsanalyse für SWR der Baulinie 69 mit modellhaften Untersuchungen zu Systemen und Ereignissen am Beispiel der Anlage KKP 1
- Fachliche Unterstützung des BMU bei übergeordneten Fragen der probabilistischen Sicherheitsanalyse von KKW sowie bei der kerntechnischen Regelerarbeitung
- Einfluß des Menschen auf die Sicherheit von Kernkraftwerken – Technische, organisatorische und personenbezogene Anforderungen im Rahmen des anlageninternen Notfallschutzes
- Einfluß des Menschen auf die Sicherheit von Kernkraftwerken – Umsetzung und Erprobung von Vorschlägen zur Einbeziehung von Human Factors (HF) bei Meldung und Ursachenanalyse in Kernkraftwerken
- Beurteilung von Sicherheitsfragen bei der Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen, abgebrannten Brennelementen und HAW-Glaskokillen
- Zerstörungsfreie Meßverfahren zur Bestimmung von Kernbrennstoff in Abfallgebinden bzw. Abfallbehältern
- Untersuchung der Möglichkeiten des Nachweises von einzelnen chemischen Elementen in einem Körper unbekannter Inhalts durch Bestrahlung mit Neutronen verschiedener Energie und Analyse der dabei erzeugten Gammastrahlung

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

- Simulatorschulung von Betriebspersonal aus osteuropäischen Kernkraftwerken
  - Unterstützung der Ukraine bei der Erstellung von Auslegungsanforderungen zum Brandschutz in Betrieb befindlicher KKW
  - Unterstützung der ukrainischen Genehmigungsbehörde NRAU beim Aufbau eines technischen Systems zur verbesserten betrieblichen Überwachung des KKW Saporoshje
  - Unterstützung der russischen und ukrainischen Behörden bei der Qualifizierung von ZfP-Prüfsystemen
- Laufende Vorhaben**
- Untersuchung zur Optimierung und Vereinheitlichung des Brandschutzes in deutschen Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren
  - Probabilistische Analyse zu äußeren Einwirkungen bei Kernkraftwerken
  - Betriebsbegleitendes Austenitprogramm
  - Flankierende Erhebungen und Untersuchungen zur Beurteilung rißauslösender Faktoren beim Betrieb von druckführenden Komponenten in Leichtwasser-Reaktoranlagen
  - Zentrale Untersuchung und Auswertung von Herstellungsfehlern und Betriebsschäden im Hinblick auf druckführende Anlagenteile von Kernkraftwerken
  - Untersuchungen zur Bedeutung von Ultraschall-Testkörpermessungen auf die Empfindlichkeitseinstellung und Anzeigenbewertung von Rissen im oberflächennahen Bereich an kerntechnischen Komponenten
  - Untersuchungen zur sicherheitstechnischen Bewertung von geschweißten Komponenten aus dem Werkstoff 15 NiCuMoNb 5 (WB 36) im Hinblick auf eine Zähigkeitsabnahme unter Betriebsbeanspruchung
  - Bewertung von Methoden zur Beurteilung von Rissen in Rohrleitungen
  - Schwingungsfestigkeitsuntersuchungen an geschweißten Proben aus austenitischen Stählen in Kernkraftwerken zur Festlegung von Kennwerten im Regelwerk
  - Rohrbelastungen bei thermisch geschichteten Strömungen – Praxisorientierte Auswertung der HDR-Versuche TEMR, TEMB und TEMS
  - Relevanz betrieblicher Einflüsse für die Störfallfestigkeit elektrischer Einrichtungen des Sicherheitssystems in kerntechnischen Anlagen
  - Genehmigungsspezifische Fachberatung zur Umrüstung von Sicherheitsleittechnik in Kernkraftwerken
  - Harmonisierung der Sicherheitsanforderungen und Bewertungsmaßstäbe für rechnergestützte Sicherheitsleittechnik künftiger Reaktoren
  - Werkzeuge (Tools) des Gutachters zur Überprüfung rechnergestützter Leittechniksysteme mit sicherheitstechnischer Bedeutung
  - Untersuchungen von Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes zur Schadensbegrenzung für LWR (Accident-Management-Mitigation)
  - Entwicklung eines Konzeptes zur Harmonisierung der Anforderungen an Notfallschutzübungen
  - Konzeptionelle Fragen der probabilistischen Analyse und Weiterentwicklung probabilistischer Methoden zur Sicherheitsbeurteilung von Kernkraftwerken
  - Fachliche Unterstützung des BMU bei probabilistischen Analysen im Rahmen von Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren sowie bei der Regelerarbeitung
  - Entwicklung eines Verfahrens (PSA) zur qualitativen und quantitativen Bewertung von Personenhandlungen in technischen Anlagen
  - Probabilistische Brandschutzanalyse für DWR im Stillstand
  - Einfluß des Menschen auf die Sicherheit von Kernkraftwerken – Bewertung von menschlichen Handlungen in Kernkraftwerken gemäß ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung
  - Neue Reaktorkonzepte – Sicherheits-technische Anforderungen und Randbedingungen zur Nachweisführung ihrer Erfüllung
  - Folgerungen für das globale Verhalten (induzierte Erschütterungen) von KKW-Gebäuden mit DWR bei Einwirkung der aus dem Versuch abgeleiteten Belastungsfunktion bei Flugzeugaufprall
  - Verifikation des strukturellen Responses von Konvoi-Anlagen unter Annahme einer gemessenen Flugzeugabsturzbelastung
  - Beurteilung des lokalen Verhaltens von Stahlbetonstrukturen von KKW-Anlagen bei Einwirkung der aus Versuchen abgeleiteten Belastungsfunktionen bei Flugzeugabsturz bzw. Triebwerksaufprall
  - Unterstützung des BMU bei der Lösung übergeordneter Fragestellungen des Brennstoffkreislaufs, insbesondere der Entsorgung
  - Sicherheitstechnische Analysen zu Anlagen und Verfahren der Anreicherung und Brennstoffverarbeitung
  - Sicherheitstechnische Auswertung der Erfahrungen mit der Trockenkonversion im Vergleich zu den Naßverfahren für Konversion von UF<sub>6</sub> zu UO<sub>2</sub> bei der Brennelementherstellung
  - Ingenieurtechnische Auswertung besonderer Vorkommnisse in Anlagen der Kernbrennstoffversorgung
  - Erweiterung des Informations-Management-Systems TECDO um Anlagen der Kernbrennstoffversorgung
  - Sicherheitsfragen der Behandlung und Konditionierung von radioaktiven Abfällen, von bestrahlten Brennelementen und der Wiederaufarbeitung
  - Abstimmung des Zwischenlager-Behälterkonzepts mit den Randbedingungen der Endlagerung
  - Sicherheitstechnische Auswertung der Erfahrungen aus Abbau und Stilllegung einzelner Anlagenteile bzw. Komponenten von Anlagen zur Brennelementherstellung in Deutschland
  - Stilllegung von Kernanlagen – Freigabe von Standorten
  - Anforderungen an die Stilllegung von Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs

## Das Bundesamt für Strahlenschutz

### Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

- Anforderungen an die Stilllegung von Forschungsreaktoren
- Anfertigung eines Handbuchs für die Filterung von Abluft aus kerntechnischen Anlagen und Isotopenlaboratorien
- Genehmigungs- und aufsichtsspezifische Fachberatung zur Sicherung kerntechnischer Einrichtungen
- Möglichkeiten der Radiographie zur Untersuchung eines unbekanntes Behälters auf Vorhandensein einer kritischen Anordnung bzw. dispersiven Einrichtung
- Optimierung und Weiterentwicklung des Instrumentariums zur zerstörungsfreien Untersuchung eines Behälters unbekannter Zusammensetzung auf Kernbrennstoffe
- Durchführung übergeordneter Aufgaben bei Untersuchungen zur Gewährleistung und Weiterentwicklung der Sicherheit von Kernreaktoren sowjetischer Bauart sowie diesbezüglicher bilateralen und internationaler Zusammenarbeit
- Unterstützende Arbeiten und Analysen zur sicherheitstechnischen Bewertung der Kernkraftwerke vom Typ WWER-440
- Unterstützende Arbeiten und Analysen zur sicherheitstechnischen Bewertung der Kernkraftwerke vom Typ WWER-1000
- Unterstützung der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden Litauens (VATESI) sowie ihrer wissenschaftlich-technischen Institutionen (ISAG) im Bereich der Sicherheit von Reaktoren des Typs RBMK
- Beteiligung an Untersuchungen für weitere Schutzmaßnahmen bei dem Unfallreaktor Tschernobyl, Block 4
- Darstellung und Bewertung des Standes des Einsatzes von Diagnosesystemen in KKW sowjetischer Bauart
- Aus- und Fortbildung des leitenden KKW-Personals in der GUS und den MOE-Staaten
- Seminare, Workshops und Hospitationen auf dem Gebiet der Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen für Behördenvertreter und Sachverständige aus der GUS und MOES
- Unterstützung der slowakischen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde bei der Sicherheitsbeurteilung von Kernkraftwerken
- Unterstützung der tschechischen Genehmigungsbehörde zur Sicherheitsbeurteilung des KKW Temelin
- Beratung der ungarischen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde bei der Erneuerung der Sicherheitsleittechnik im KKW Paks
- Unterstützung der ukrainischen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde NRAU bei der Einführung von Sicherheitsbegründungsberichten für ukrainische KKW mit WWER
- Unterstützung der ukrainischen Behörden bei der Sicherheitsbewertung und Genehmigung der digitalen Leittechnik im KKW Rowno

### Einzelbeiträge zu ausgewählten Vorhaben

#### **Qualifizierung und Bewertung von erfolgversprechenden Methoden zur Fehlerfrüherkennung und zur Reduzierung von Strahlenbelastung bei der Überwachung und Prüfung sicherheitstechnisch wichtiger Rohrleitungen; Potentialsonden-Meßtechnik**

Auftragnehmer: TÜV Rheinland, Köln

Fachbegleiter: R. Gersinska

Im Rahmen der Überwachung und wiederkehrenden Prüfung von Rohrleitungen in kerntechnischen Anlagen steht heute die Prüfung der oberflächennahen Bereiche auf mögliche betriebsbedingte Schäden im Vordergrund. Hierfür wird überwiegend

die Ultraschallprüfung als Standardverfahren zur Fehlerfrüherkennung eingesetzt.

Bei der Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen und schwierigen Geometrien wie Stutzenkanten und Rohrverzweigungen treten jedoch immer wieder Interpretationschwierigkeiten auf. Außerdem ist die Vermessung rißförmiger Anzeigen an der unzugänglichen Innenseite eines Bauteils, selbst mit sehr fortgeschrittenen Ultraschall-Techniken, teilweise mit großen Unsicherheiten behaftet.

Die beim TÜV Rheinland in Vorläufervorhaben entwickelte Potentialsonden-Meßtechnik ist als Alternative zu den etablierten Verfahren anzusehen. Mit der ortsfesten Potentialsonden-Installation kann die Strahlenbelastung bei wiederkehrenden Prüfungen und der Überwachung von Rohrleitungen erheblich reduziert werden. Weiterhin bietet die Methode den Vorteil, die Fehlerfrüherkennung an

Rohrleitungssystemen, insbesondere im Rahmen einer Dauerüberwachung auf betriebsbedingte Anzeigen, an besonders beanspruchten Stellen zu verbessern. Die Potentialsonden-Meßtechnik kann als zusätzliche Alternative bevorzugt dort eingesetzt werden, wo die üblichen zerstörungsfreien Prüfverfahren (ZfP) Schwierigkeiten bei Entdeckung und Vermessung von Werkstoffehlern haben.

Folgende Einzelzielsetzungen wurden verfolgt:

- Schnelle Installation der Potentialsonde mit einem Gürtel insbesondere für Bereiche mit hoher Strahlenbelastung und
- Erweiterung der vorhandenen Kalibrierkurven auf Rohre mit Wanddickenübergängen (z. B. Übergang Rohr/Bogen) und Mischnähte mit Leitfähigkeitsunterschieden.

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

### Ergebnisse und Bewertung

Im Laufe der Entwicklungsarbeiten wurde zunächst ein Gürtel aus Fiberglasband mit Verstärkungsstegen aus Keramik entwickelt, bei dem die Potentialkontakte auf das Bauteil aufgedrückt werden. Zusätzlich zum Antrag wurde parallel dazu ein Gürtel aus Austenitband entwickelt, bei dem die Verdrahtung vorab im Labor erfolgen kann. Vor Ort ist nur noch das Anpunkten der Drahtspitzen erforderlich.

Langzeituntersuchungen haben gezeigt, daß eine zuverlässige Fehlerüberwachung auch mit aufgedrückten Potentialsonden möglich ist. Nachteilig gegenüber einer Installation mit gepunkteten Sonden ist eine etwas geringere Fehlerauflösung. Vorteilhaft ist jedoch eine weitere Verringerung der Installationszeit vor Ort und somit eine Verringerung der Strahlenbelastung des Personals und der Entfall der beim Punkten auftretenden lokalen geringfügigen Werkstoffaufhärtungen, die trotz einer Verfahrensprüfung gelegentlich für Diskussionen sorgte.

Der Gürtel mit den aufschweißbaren Kontakten ist ein guter Kompromiß zwischen der herkömmlichen Installationsart (gesamte Verdrahtung vor Ort fest auf dem Bauteil) und dem Gürtel mit aufdrückbaren Sonden. Er ist vor Ort relativ schnell zu installieren und bietet dennoch die sehr guten Auflösungsmöglichkeiten von gepunkteten Sonden.

An einem ZfP-Justierkörper wurden ausführliche Potentialmessungen insbesondere an einer Mischnaht und einem Wanddickensprung durchgeführt, die z. T. zur Überprüfung von errechneten Potentialverteilungen mit der Finite-Differenz-Methode verwendet wurden. Insgesamt liegen gemessene Potentialverteilungen für Wanddickensprung, Anschlußnaht und Mischnaht (auch mit Oberflächenfehlern) vor, die als Vergleichsbasis für Simulationsrechnungen mit der Finite-Differenz-Methode verwendet wurden. Die durchgeführten Rechnungen haben gezeigt, daß das verwendete Simulationsmodell eine gute Beschreibung der Potentialverteilung liefern kann. Voraussetzung ist allerdings, daß Geometrie und spezifische elektrische Widerstände bekannt sind und die experimentelle Anordnung von Stromeinleitung

und Potentialabgriff genau simuliert wird. Gegenüber dem ursprünglich zur Kalibrierung eingesetzten elektrolytischen Trog hat die Rechnung den Vorteil, daß auch Bauteile mit komplizierter Geometrie und Mischnahtbereiche mit unterschiedlichen spezifischen Widerständen betrachtet werden können.

Die Potentialsonden-Meßtechnik ist bisher weder im kerntechnischen Regelwerk noch in den kerntechnischen DIN-Normen aufgeführt. Die durchgeführten Untersuchungen belegen, daß das Verfahren sowohl als Analysetechnik als auch als Prüfverfahren in Ergänzung oder als Ersatz für Ultraschall- und Durchstrahlungsprüfungen genutzt werden kann und dabei sowohl zur Steigerung der Sicherheit, speziell von Rohrleitungen, als auch zur Reduzierung der Strahlenbelastung einen Beitrag liefert.

Nach erfolgreichen Erprobungen unter Betriebsbedingungen, der Entwicklung von Gürteln zur Schnellinstallation bei erhöhter Strahlenbelastung und der verbesserten Kalibrierung bei Mischnähten und Wanddickensprüngen wird jetzt eine Umsetzung in das kerntechnische Regelwerk angestrebt.

---

### **Fachliche Unterstützung des BMU bei übergeordneten Fragen der probabilistischen Sicherheitsanalysen von Kernkraftwerken sowie bei der kerntechnischen Regelerarbeitung**

---

Auftragnehmer:  
Gesellschaft für Anlagen- und  
Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln

Fachbegleiterin: H. Schott

Ziel des Vorhabens war es, die grundlegenden methodischen und verfahrensmäßigen Anforderungen für eine bundeseinheitliche Durchführung und Begutachtung anlagenspezifischer probabilistischer Sicherheitsanalysen (PSA) weiterzuentwickeln und fachlich dazu beizutragen, daß die anlagenspezifischen PSA in bundes-

einheitlich hoher Qualität durchgeführt und die Ergebnisse der PSA zur Absicherung und Weiterentwicklung von Sicherheit sowie zur Risikovorsorge praktisch genutzt werden können. Zu speziellen Methodenfragen der PSA wurden aktuelle Erkenntnisse aus neuen PSA für deutsche Kernkraftwerke und Erkenntnisse aus der internationalen Praxis hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf deutsche Anlagen einbezogen.

Folgende Einzelthemen wurden bearbeitet: Fortführung der Arbeiten zur PSA-Begutachtung, Fortführung der Ermittlung des aktuellen internationalen Standes von Anforderungen an die Durchführung von PSA, Weiterentwicklung der Dokumente zur Durchführung von PSA, Auswertung von Analysen zu Nichtleistungszuständen, Durchführung einer Benchmark-Übung zu gemeinsam verursachten Ausfällen, Auswertung von probabilistischen Analysen zum Containmentverhalten bei schweren Stör- und Unfällen.

### Ergebnisse und Bewertung

Zur Erarbeitung einer bundeseinheitlichen verfahrensmäßigen und inhaltlichen Vorgehensweise für die Begutachtung anlagenspezifischer PSA wurden Empfehlungen erarbeitet insbesondere zum organisatorischen Rahmen, zu Ablauf, Umfang und Tiefe der Begutachtung anlagenspezifischer PSA. Als Hilfestellung für die Detailprüfungen der einzelnen PSA-Arbeitsschritte wurden Merkpostenlisten zusammengestellt. Wichtige ausländische PSA-Review-Leitfäden und Reviews, z. B. zum Vorgehen in den USA, in der Schweiz und Schweden sowie die Empfehlungen der IAEA, wurden hinsichtlich zweckmäßiger und übertragbarer Regelungen ausgewertet. Die Begutachtung erfolgt anhand spezieller Checklisten oder Richtlinien.

Aufbauend auf eine ereignisorientierte Auswertung wichtiger PSA im In- und Ausland in einem Vorläufervorhaben wurden PSA ausgewählter Anlagen zu methodischen und inhaltlichen Fragen ausgewertet, um die Vergleichbarkeit bzw. Übertragbarkeit sicherheitstechnischer Ergebnisse zu beurteilen. Als Struktur für die Auswertung wurden Merkmale, z. B.



# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

allgemeine Angaben zur PSA, Spektrum auslösender Ereignisse, Ereignisablaufanalyse, Fehlerbaumanalyse, vorgegeben.

Im Rahmen der Arbeiten zum Facharbeitskreis „PSA für Kernkraftwerke“ (FAK) wurde ein Seminar zum Thema „Ermittlung der Häufigkeiten von Lecks und Brüchen in druckführenden Systemen für probabilistische Sicherheitsanalysen“ durchgeführt und die Ergebnisse dieses Seminars in den FAK eingebracht.

Zum Nichtleistungsbetrieb wurden in Deutschland und im Ausland durchgeführte Analysen hinsichtlich Ereignisspektrum und der Relevanz der Ereignisse im Vergleich zum Leistungsbetrieb untersucht. Zur Ermittlung der Übertragbarkeit der Ereignisse internationaler PSA auf deutsche Anlagen wurden Einflußfaktoren gebildet, z. B. die Eintrittshäufigkeit von auslösenden Ereignissen und die Phänomenologie bei den Ereignisabläufen. Am Beispiel einzelner Ereignissequenzen, die in ausländischen Anlagen eine hohe Bedeutung haben, wurde gezeigt, daß diese Sequenzen in den betrachteten deutschen Anlagen eine weit geringere Bedeutung haben. Der Grund hierfür ist, daß bereits Vorkehrungen gegen das Auftreten von Ereignissen getroffen wurden, die in den ausländischen Anlagen erst infolge der Ergebnisse der Analyse nachgerüstet wurden.

In einem Benchmark zu gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA) wurde interessierten Institutionen in Deutschland die Möglichkeit gegeben, ihre Interpretationen von Vorkommnissen, ihre Rechenmethoden und Modellansätze zur Beurteilung von GVA zu demonstrieren und zu begründen. Die Teilnehmer des Benchmarks gehörten deutschen Sachverständigen- und Beratungsorganisationen sowie der Industrie an. Bewertet wurden 200 beobachtete Ereignisse an Absperrarmaturen.

Als Ergebnis des Benchmarks kann festgehalten werden, daß bei allen Teilnehmern ein gemeinsames Grundverständnis zur Identifikation von GVA-Phänomenen und -Prozessen gegeben ist. Allerdings führte die Umsetzung bei der Auswertung von Ereignisberichten zu deutlichen Unterschieden bei der Auswahl GVA-relevanter Ereignisse und bei der Bewertung der

Übertragbarkeit auf eine bestimmte Komponentengruppe. Die quantitativen Ergebnisse des Benchmarks zeigten, daß die Wahl eines Modells nur dann keinen nennenswerten Einfluß auf die Ergebnisse hat, wenn für die zu bewertenden Ausfallkombinationen ausreichend Beobachtungen vorhanden sind. Häufig ist es dagegen notwendig, auf nicht beobachtete Ausfallkombinationen zu extrapolieren. Für diese Anwendungsfälle zeigten die Ergebnisse der Benchmarkteilnehmer zum Teil starke Streuungen. Bei der weiteren Entwicklung der GVA-Bewertungsmethodik sollte deshalb der Begriff der Übertragbarkeit von Ereignissen genauer spezifiziert werden.

Zu probabilistischen Analysen zum Containmentverhalten bei schweren Stör- und Unfällen (PSA der Stufe 2) wurde ein Überblick über die derzeitige Leistungsfähigkeit und Einsetzbarkeit der Methodik gegeben. Dieser Überblick stützt sich auf die im Rahmen dieses und anderer Vorhaben beim Auftragnehmer gemachten Erfahrungen und auf die Auswertung des internationalen Kenntnisstandes. Im Vorhaben wurde ein Ereignisbaum für den Unfallablauf nach einer aktiven Druckentlastung (ND\*-Fall) in einem DWR entwickelt. Rechnungen mit diesem Unfallablaufbaum wurden durchgeführt, um Fragen zum methodischen Vorgehen bei der Ereignisbaumanalyse zu klären und Empfehlungen für die Durchführung von PSA der Stufe 2 zu erarbeiten.

---

### ***Einfluß des Menschen auf die Sicherheit von Kernkraftwerken – Technische, organisatorische und personenbezogene Anforderungen im Rahmen des anlageninternen Notfallschutzes***

---

Auftragnehmer:  
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln

Fachbegleiter: B. Kociok

Für den anlageninternen Notfallschutz bleibt der Mensch die wesentliche handelnde und entscheidende Instanz. Die Verschiedenartigkeit der Abläufe von aus-

legungsüberschreitenden Ereignissen bedingen Vorgehensweisen, die von Auslegungsfällen abweichen. Erfolgreich durchzuführende Notfallmaßnahmen müssen durch sorgfältige Vorbereitung der Maßnahmen, durch Ausbildung des Personals und durch Training (z. B. Simulatoren) abgesichert werden. Diese Randbedingungen betreffen nicht nur die spezifischen technischen und organisatorischen Gegebenheiten, sondern auch auf den Menschen bezogene (z. B. ergonomische) Anforderungen.

Um hierzu einen Beitrag zu liefern, sollte zur Harmonisierung organisatorischer und auf den Menschen bezogener Anforderungen ein Merkmalkatalog zur Ausgestaltung von Notfallprozeduren entwickelt werden. Dieser Katalog von ergonomischen Empfehlungen zu organisatorischen Vorkehrungen und zur Gestaltung schriftlicher Arbeitsmittel sollte Randbedingungen für möglichst zuverlässige Entscheidungen von Wartungspersonal und Krisenstab in konkreten Notfallsituationen aufzeigen und abgrenzen sowie als Grundlagen für eine Empfehlung zum Aufbau und zur Gestaltung von Notfallprozeduren dienen. Diese praxisgerechten Rahmenempfehlungen waren hinsichtlich ihrer Bedeutung mit unterschiedlichen Gewichtungen zu versehen, so daß ein Einsatz als Bewertungsinstrument zur Bestandsaufnahme, einschließlich einer Abweichungsanalyse, möglich ist.

Hierzu war es erforderlich, die Erfahrungen und Erkenntnisse bestehender Prozeduren der anlageninternen Notfallmaßnahmen zu sichten und zu bewerten, mit dem Ziel, zur weiteren Verbesserung der Entscheidungsprozesse mit Hilfe des ergonomischen Wissensstandes Vorschläge zur Gestaltung und Beurteilung von Notfallmaßnahmen zu erarbeiten.

### **Ergebnisse und Bewertung**

Die Konzeptempfehlungen stützen sich auf den Stand von Wissenschaft und Technik und berücksichtigen sowohl die aktuelle Forschung und Anwendung als auch praktische Erfahrungen. Hierbei wurden Erkenntnisse aus Anlagenbegehungen, Notfallübungen, Diskussionen mit

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

Betreibern und aus aktuellen Notfallhandbüchern aus dem In- und Ausland berücksichtigt, so daß eine breite, alle wesentlichen Aspekte abdeckende Basis dem Merkmalkatalog als Informationsquelle zugrunde gelegt wurde. Die Rahmenempfehlung kann sowohl für die Planung und Optimierung als auch zur Bestandsaufnahme herangezogen werden.

In den Konzeptempfehlungen wurden wichtige Aspekte zur Gestaltung organisatorischer Vorkehrungen und schriftlicher Arbeitsmittel für Notfallsituationen erarbeitet. Die empfohlenen Gestaltungsgesichtspunkte tragen nach aktuellen, wissenschaftlichen und praktischen Erkenntnissen dazu bei, Personalhandlungen unter Notfallbedingungen wirkungsvoll zu unterstützen und ihre Zuverlässigkeit zu erhöhen.

Die Empfehlungen bieten zu zahlreichen Themen praktikable Hinweise, die bei der Neu- oder Umgestaltung organisatorischer Vorkehrungen oder schriftlicher Arbeitsmittel für Notfallsituationen umgesetzt werden können, ohne die Gestaltungsfreiheit zu sehr einzuengen.

Sie beschreiben einen Sollzustand, der als Maßstab an bestehende, einschlägige Regelungen und Dokumente einer Anlage angelegt werden kann. Der Bewerter soll feststellen, ob Diskrepanzen zwischen empfohlenem Soll- und gegebenem Ist-Zustand vorliegen.

Als Bewertungsinstrument eingesetzt, erlaubt der Katalog eine Bestandsaufnahme mit Ermittlung und Gewichtung von Abweichungen. Eine Gesamteinschätzung zu organisatorischen Regelungen für Notfälle und benötigten schriftlichen Arbeitsmitteln kann mit dem Empfehlungskatalog nicht vorgenommen werden. Technische und inhaltliche Fragen zu Notfallmaßnahmen werden ebenso wie ergonomische Details, die in Regeln, Richtlinien und Normen ausreichend festgelegt sind, nicht behandelt.

Die Empfehlungen des Kataloges basieren auf den in den deutschen Kernkraftwerken umgesetzten RSK-Stellungnahmen.

---

### **Genehmigungsspezifische Fachberatung zu Sicherheits- fragen der Leittechnik von Kernkraftwerken**

---

Auftragnehmer:  
Institut für Sicherheitstechnologie GmbH  
(ISTec), Garching

*Fachbegleiter: F. Seidel*

Im Rahmen des Vorhabens waren die Sicherheitsfragen im Zusammenhang mit der Nach- und Umrüstung der Leittechnik in bestehenden Kernkraftwerken, die Schutzmaßnahmen zur Vermeidung unzulässiger Fremd- und Überspannungseinkopplungen in leit- und elektrotechnischen Komponenten des Sicherheitssystems sowie die Auswirkungen unterstellter versagensauslösender Ereignisse in der gesicherten Gleichstromverteilung zu untersuchen.

Den Aufgabenteilen übergeordnet ist die Fragestellung nach einer Systematisierung von Anforderungen und abgeleiteten Qualifizierungsmaßnahmen für die Einführung neuer Leittechnik in bestehenden Kernkraftwerken, wobei der Schutz gegen elektromagnetische Einwirkungen einschließlich Blitz als besonderer Schwerpunkt betrachtet wurde. Die sicherheitsrelevanten Fragestellungen wurden in Fachgesprächen mit Herstellern, Betreibern und Gutachtern recherchiert. Die Wirksamkeit von ausgewählten Überspannungsschutzmaßnahmen wurde zusätzlich zu den Fachkonsultationen experimentell verifiziert.

Zum dritten Arbeitspunkt wurden Szenarien unterstellt, die zur Unterspannung in der gesicherten Gleichstromverteilung führen, und dazu das zeitabhängige Verhalten leittechnischer Komponenten experimentell untersucht.

### **Ergebnisse und Bewertung**

Die durchgeführten Fachgespräche lassen im wesentlichen wirtschaftliche Gründe für die derzeit anstehenden Maßnahmen zur Nachrüstung und Modernisierung

der Leittechnik in bestehenden KKW erkennen: Veralten der bisher eingesetzten Analogtechnik; betriebliche Vorteile der rechnerbasierten Technik, wobei vor allem deren Potential zu intensivem Selbsttest und automatischer Kalibrierung eine höhere Verfügbarkeit erwarten läßt. Die Sicherheitsleittechnik wird in deutschen KKW schrittweise modernisiert, beginnend bei der Leittechnik ohne oder mit geringer sicherheitstechnischer Bedeutung, wie z. B. der Leittechnik für die Reaktorleistungsregelung bzw. -begrenzung. Die dabei gewonnenen Erfahrungen sollen später für den Einsatz der Rechentchnik für Leittechnikfunktionen mit hoher sicherheitstechnischer Bedeutung verwendet werden.

Die Modernisierung der KKW-Leittechnik ist ein komplexer Vorgang. Die dabei zu beachtenden Sicherheitsanforderungen und die daraus abgeleiteten Qualifizierungsmaßnahmen lassen sich nach dem Lebenszyklusmodell einzelnen Projektphasen (von der Anforderungsdefinition über Konzeptstudie, Auslegung, Herstellung, Implementation und Inbetriebsetzung bis hin zum Betrieb) zuordnen. Die im Rahmen des Vorhabens zu den Qualifizierungsmaßnahmen erstellte Systematik ist geeignet, um künftig Erfahrungen bei der Modernisierung der Sicherheitsleittechnik aus generischer Sicht analysieren zu können.

Die Wirksamkeiten einzelner Überspannungsschutzelemente wurden zusammengestellt. Exemplarisch wurde eine für den KKW-Einsatz repräsentative Schutzbeschaltung experimentell unter konservativer Annahme der Überspannungsbelastung verifiziert. Aus den Meßergebnissen wurden Möglichkeiten zur Optimierung der Anordnung von Schutzbeschaltungen innerhalb der Anlage abgeleitet.

Im Rahmen der Modernisierung der Leittechnik sind auch die sicherheitstechnischen Anforderungen an den Blitz- und EMV-Schutz zu überprüfen. Hierzu wurden die derzeit eingesetzten Schutzgeräte und Schutzmaßnahmen hinsichtlich ihrer Schutzwirkung einem Blitzschutzmodell zugeordnet. Diese Systematik kann für spezielle Modernisierungsprojekte, wie den Einsatz rechnergestützter Sicherheitsleittechnik, konkretisiert werden.

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

Die möglichen Auswirkungen versagensauslösender Ereignisse innerhalb der gesicherten Gleichstromversorgung auf den Anlagenbetrieb wurden experimentell an einer repräsentativen Anordnung des Reaktorschutzes untersucht. Insbesondere wurde das Verhalten einzelner Komponenten des Reaktorschutzes einschließlich Grenzwertgeber und Rechenschaltungen während und nach Unterspannungstransienten untersucht. Im Auslegungsbereich verhielten sich die Komponenten bestimmungsgemäß. Für unterstellte Unterspannungsszenarien im Bereich des Restrisikos werden schutzzielorientierte Vorgehensweisen vorgeschlagen.

### Themen der vom Fachbereich ET fachlich begleiteten Ressortforschungsvorhaben

#### Abgeschlossene Vorhaben

- Sicherheitstechnische Analysen für ein Endlagerbergwerk in einem Salinar mit geringen Konvergenzraten (Morsleben)
- Sicherheitstechnische Bewertung von F+E-Arbeiten zur direkten Endlagerung abgebrannter Brennelemente und

wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle

- Vergleich und Bewertung von Produktkontrollmaßnahmen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle
- Überprüfung des Abfallfluß-Verfolgungs- und Produktkontrollsystems (AVK) und Verbesserungsvorschläge entsprechend der BMU-Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle bzw. der künftigen AtRAV
- Bewertung verschiedener Transportvarianten (Land-, See-, Luftweg) bei der Beförderung radioaktiver Stoffe mit großem Gefährdungspotential. Deutsche Mitarbeit bei der Fortentwicklung des IAEO-Regelwerks

#### Laufende Vorhaben

- Verwertung von Reststoffen und Beseitigung von radioaktiven Abfällen aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen
- Sicherheitstechnische Bewertung von fortschrittlichen Konditionierungsverfahren für radioaktive Abfälle
- Bewertung internationaler Entsorgungsstrategien und ihre Übertragbarkeit auf die deutschen Konzeptionen

- Erfassung und Auswertung von Betriebserfahrungen während der Errichtungs- und Betriebsphase von Endlagern im In- und Ausland
- Sicherheit in der Nachbetriebsphase von Endlagern für radioaktive Abfälle
- Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen
- Bewertung und Begleitung der nationalen und internationalen Entwicklung im Bereich der Modellierung geochemischer Einflüsse auf den Radionuklidtransport aus einem Endlager – Überprüfung von Modellen anhand von Meßdaten eines Gebietes des Uranerzbergbaus
- Unterstützung bei der Bewertung des Abfallaufkommens, der Endlagerbedarfsplanung, Produkt- und Eingangskontrolle sowie bei der Ermittlung des F+E-Bedarfs bei der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle
- Zusammenstellung und Bewertung des Transportaufkommens radioaktiver Stoffe nach Gorleben im Zeitraum 1997 bis 2010
- Risikoanalyse für Schienentransporte von Kernbrennstoffen mit hohem Aktivitätsinventar

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

### Einzelbeiträge zu ausgewählten Vorhaben

#### **Sicherheitstechnische Analysen für ein Endlager in einem Salinar mit geringen Konvergenzraten**

Auftragnehmer:  
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

Fachbegleiter: A. E. Wohanka

Gesamtzielsetzung des Vorhabens ist die Behandlung und Bewertung sicherheitstechnischer Fragestellungen zum Bau, Betrieb und Nachbetrieb von Endlagern im Salinar, deren aufgefahrene Hohlräume sehr geringen Konvergenzraten unterliegen.

Die Arbeiten erstrecken sich insbesondere auf

- Überprüfung der Ansätze zur Beschreibung des Materialverhaltens von Steinsalz,
- Auswirkung der geringen Konvergenzraten auf die Auslegung des Endlagers,
- Einfluß der geringen Konvergenzraten auf die Stilllegungskonzepte von Endlagerbergwerken,
- Modellierung und Analysen der Sicherheit in der Nachbetriebsphase.

#### **Durchgeführte Arbeiten**

Die insgesamt durchgeführten Arbeiten haben folgende Untersuchungen zum Schwerpunkt:

- Beschreibung der Transportvorgänge von Lauge und Radionukliden im gefluteten Endlager,
- Beschreibung von Mehrphasenströmungen,

- Auswirkungen von Gasentwicklung am Einlagerungsort auf das Transportgeschehen,
- Auswirkung von Austrägen an Lauge und Radionukliden aus dem Endlagermodell in die Geosphäre.

Zur Untersuchung des Barriereverhaltens verschiedener Versatzmaterialien in einem Endlager im Salinar wurde ein eigens dafür erweitertes Rechenprogramm verwendet. Damit wurden der Gas- und Nuklidtransport unter Berücksichtigung der Naturkonvektion, der Gesteinskonvergenz, der Gasbildung infolge Korrosion, der Zweiphasenströmung, der richtungsabhängigen Diffusion und Dispersion sowie der Adsorption am Festkörper in ein- und zweidimensionalen Modellen für ein Grubengebäude im Salinar bei unterschiedlichen Bedingungen untersucht. Auf dieser Basis wurden auch die Auswirkungen von Lauge- und Radionuklidausträgen auf die Geosphäre in Abhängigkeit von Versatzqualität und Gasentwicklung in der Nachbetriebsphase entwickelt.

#### **Ergebnisse**

Als Ergebnis der Untersuchung kann festgestellt werden, daß durch folgende Maßnahmen bzw. Eigenschaften die Radionuklidaustragung aus dem Endlager in die Geosphäre deutlich reduziert werden kann:

- Einsatz von nicht komprimierbarem Versatz,
- Adsorption der Radionuklide am Versatzmaterial und
- verzögerte Flutung der Einlagerungskammer.

Weiterhin konnte festgestellt werden, daß eine mindestens zweidimensionale Modellierung des Endlagers zur realistischeren Einschätzung der Radionuklidaustragung in die Umgebung erforderlich ist, da diese

bei eindimensionaler Modellierung deutlich überschätzt wird.

#### **Vorgehensweise und Anforderungen bei der Produktkontrolle für radioaktive Abfälle aus dem In- und Ausland**

Auftragnehmer:  
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln

Fachbegleiter: B.-R. Martens

Zielsetzung des Vorhabens waren die Erfassung und Bewertung sowie der Vergleich national und international durchgeführter Maßnahmen zur Produktkontrolle. Weiter sollten die in Deutschland von den Bundesländern durchgeführten Kontrollmaßnahmen mit den vom BfS sowie den gemäß Abfall-Kontroll-Richtlinie durchgeführten Maßnahmen verglichen werden. Für die Durchführung des Vorhabens wurden zahlreiche Unterlagen ausgewertet und Gespräche mit Abfallverursachern und unabhängigen Sachverständigen geführt.

Der Abschlußbericht kommt zu dem Ergebnis, daß die Endlagerungsbedingungen im wesentlichen durch Anwendung qualifizierter Verfahren erfüllt und damit nachgewiesen werden. Diese Verfahrensweise hat sich auch für die Zwischenlagerung und bei der Konditionierung radioaktiver Abfälle in ausländischen Wiederaufarbeitungsanlagen etabliert. Bei Altabfällen werden unzureichende Dokumentationen neu erstellt, indem die Abfälle wie Rohabfälle behandelt und nach Ablaufplänen neu konditioniert werden. Für die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in Frankreich und Großbritannien werden detaillierte Betrachtungen zu verschiedenen Abfallströmen angestellt.

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Publikationen

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeiten der BfS-Mitarbeiter werden im allgemeinen in Fachzeitschriften publiziert oder auf Kongressen und Tagungen vorgetragen.

Daneben werden abgeschlossene wissenschaftliche Arbeiten als Berichte des BfS publiziert, sofern sie wegen ihres Umfangs nicht zur Publikation in Fachzeitschriften geeignet sind oder weil der Inhalt nur für einen begrenzten Fachkreis von Interesse ist.

Über die Arbeiten der Fachbereiche werden folgende Serien herausgegeben:

BfS-ISH-Berichte, ISSN 0949-2224,  
BfS-IAR-Berichte, ISSN 0949-3190,

BfS-ST-Berichte, ISSN 0949-3212,  
BfS-KT-Berichte, ISSN 0949-3204,  
BfS-ET-Berichte, ISSN 0949-2216.

Arbeiten, die das BfS als Ganzes betreffen, wie zum Beispiel Vorträge über das BfS, werden publiziert als

BfS-Berichte, ISSN 0937-4426.

Tagungsberichte, Publikationen fremder Autoren und Übersetzungen von ausländischen Schriften und Regeln, die für das BfS von Bedeutung sind, erscheinen als

BfS-Schriften, ISSN 0937-4469.

Die BfS-Berichte und -Schriften sind kostenpflichtig und werden vertrieben vom

Wirtschaftsverlag NW/Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10  
Bürgermeister-Smidt-Str. 74-76  
27568 Bremerhaven  
Telefon: 0471 94544-0

Die aktuelle Liste der verfügbaren BfS-Berichte und -Schriften kann auch im Internet unter der Adresse [www.bfs.de](http://www.bfs.de) abgerufen werden.

Nachstehend sind die im Berichtsjahr erschienenen *BfS-Berichte und -Schriften* sowie die *in Fachzeitschriften bzw. anderweitig publizierten wissenschaftlichen Arbeiten* von BfS-Mitarbeitern aufgeführt.

### BfS-Berichte und -Schriften

#### BfS-Berichte

BfS-13/97

25 Jahre Einlagerung radioaktiver Abfälle im Endlager Morsleben.

Vortragsveranstaltung vom 11. Dezember 1996 in Morsleben.

Salzgitter, Januar 1997

BfS-14/97

Einweihung des neuen Dienstgebäudes des Bundesamtes für Strahlenschutz am 27. Oktober 1997 in Salzgitter-Lebenstedt

Salzgitter, Dezember 1997

#### BfS-ISH-Berichte

BfS-ISH-176/97

Brachner, A.; Martignoni, K.

Verwertbarkeit und Zuverlässigkeit von Ergebnissen vorliegender epidemiologischer Untersuchungen für die Abschätzung des strahlenbedingten Krebsrisikos. V. Das strahlenbedingte Knochenkrebsrisiko.

Neuherberg, Januar 1997

BfS-ISH-177/97

Schaller, G.; Arens, G.; Brennecke, P.; Görtz, R.; Poschner, J.; Thieme, J.

Beseitigung radioaktiver Abfälle und Verwertung von Reststoffen und Anlagenteilen. Grundlagen, Konzepte, Ergebnisse.

Neuherberg, Januar 1997

BfS-ISH-178/97

Bäumli, A.; Bauer, B.; Bernhard, J.-H.; Stieve, F.-E.; Veit, R.; Zeitberger, I. (Hrsg.)

Joint WHO/ISH Workshop on Efficacy and Radiation Safety in Interventional Radiology. Munich-Neuherberg, Germany, October 9-13, 1995.

Neuherberg, Februar 1997

BfS-ISH-179/97

Zusammengestellt von: Schmitt-Hannig, A.; Thieme, M.; Gödde, R.

Strahlenschutzforschung. Programmreport 1996. Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Neuherberg, Februar 1997

BfS-ISH-180/97

Frasch, G.; Anatschkowa, E.; Schnuer, K. (Editors)

European study of occupational radiation exposure - ISOREX -

Proceedings of the Introductory Workshop held in Luxembourg, May 20th - 21st, 1997.

Neuherberg, November 1997

#### BfS-ST-Berichte

BfS-ST-11/97

Beyermann, M.; Naumann, M.; Sarenio, O.; Schkade U.-K.; Will, W.

Erfahrungen zur Qualitätsüberwachung bei der Ermittlung der Umweltradioaktivität im Rahmen der Meßprogramme zum Projekt „Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten (Altlastenkaster)“.

Berlin, Februar 1997

BfS-ST-12/97

Bünger, T.; Obrikat, D.; Rühle, H.; Viertel, H.

Materialienband 1994 zur Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen. Ergänzung zum Jahresbericht 1994 des BMU „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.

Berlin, Februar 1997

BfS-ST-13/97

Will, W.; Borsdorf, K.-H.; Mielcarek, J.; Malinowski, D.; Sarenio, O.

Ortsdosisleistung der terrestrischen Gammastrahlung in den östlichen Bundesländern Deutschlands.

Berlin, August 1997

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Publikationen

---

BfS-ST-14/97

Will, W.; Borsdorf, K.-H.

Ortsdosisleistung der terrestrischen Gammastrahlung in Deutschland.

Lehmann, R.; Kemski, J.; Siehl, A.

Radonkonzentration in Wohngebäuden der Bundesrepublik Deutschland.

Berlin, November 1997

---

### **BfS-KT-Berichte**

---

BfS-KT-16/97

Facharbeitskreis Probabilistische Sicherheitsanalyse.

Methoden zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke. Dezember 1996.

Salzgitter, Juni 1997

BfS-KT-17/97

Arbeitsgruppe Schutzzielkonzept.

Schutzzielorientierte Gliederung des kerntechnischen Regelwerks. Übersicht über die übergeordneten Anforderungen. Dezember 1996.

Salzgitter, Juni 1997

BfS-KT-18/97

Facharbeitskreis Probabilistische Sicherheitsanalyse.

Daten zur Quantifizierung von Ereignisablaufdiagrammen und Fehlerbäumen. März 1997.

Salzgitter, Juni 1997

BfS-KT-19/97

Gelfort, E.; Krüger, F. W.

Wiederaufarbeitungsanlagen für Kernbrennstoff in der Russischen Föderation.

Salzgitter, Juni 1997

BfS-KT-20/97

Philippczyk, F.; Hutter, J.

Stand und Entwicklung der Kernenergienutzung 1996 in der Bundesrepublik Deutschland.

Salzgitter, Juni 1997

---

### **BfS-ET-Berichte**

---

BfS-ET-24/97

Heimlich, F. H. (Hrsg.)

Messungen im Neutronen- und Gamma-Strahlungsfeld eines beladenen Castor-IIa-Behälters im Transportbehälterlager Gorleben und Vergleich der Meßergebnisse für Neutronen mit Monte-Carlo-Rechnungen.

Salzgitter, Januar 1997

BfS-ET-25/97

Brennecke, P.; Hollmann, A.

Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland. Abfallerhebung für das Jahr 1995.

Salzgitter, Januar 1997

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Publikationen

### Publikationen in Fachzeitschriften und andere Publikationen

#### Präsidium

*Beckmerhagen, I.; Berg, H. P.; Dörfelt, R.; Eigenwillig, G. G.*

Klassifizierung von Systemen und Komponenten in kerntechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland.

Tagungsbericht Jahrestagung Kerntechnik '97, Hrsg. Deutsches Atomforum, INFORUM Verlag, Bonn, 1997, pp. 324–327.

*Beckmerhagen, I.; Berg, H. P.; Dörfelt, R.; Eigenwillig, G. G.*

Grading of QA measures for nuclear power plants and radioactive waste repositories.

Proceedings of the 5th International Conference on Nuclear Engineering 1997 (ICONE-5) (CD-ROM), Nice, May 25–29, 1997 ASME, Paper 2205

*Kaul, A.; Heimlich, F.; Huck, W.; Martignoni, K.; Rimpler, A.*

CASTOR-Transporte: Strahlendosis und Risiko. Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Zeitschrift für Energiewirtschaft, Recht, Technik und Umwelt (Nov. 1997) 47. Jg./Heft 11

*Kaul, A.*

Committee 2 of the ICRP: Overview of the current and future Work.

Radiation Protection (1997) Vol. 17, No. 1; ISSN 1000-8187

*Kaul, A.; Bauer, B.; Bernhardt, J.; Nosske, D.; Veit, R.*

Effective doses to members of the public from the diagnostic application of ionizing radiation in Germany.

European. Radiology 7, 1127–1132 (1997) Springer-Verlag 1997

*Kaul, A.; Röthemeyer, H.*

Investigation and evaluation of the Gorleben site: a status report.

Nuclear Engineering and Design 176 (1997) 83–88

*Kaul, A.; Kraus, W.*

Überblick über die Strahlenbelastung aus unterschiedlichen Quellen.

Europäische Kommission, Strahlenschutz 93, Luxemburg, 26.–27. Nov. 1996

Seite 55 – 71

*Kaul, A.; Dalheimer, A.; König, K.; Noßke, D.*

Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen.

Teil I: Rechtliche Regelungen und Meßverfahren StrahlenschutzPraxis, 3. (1997) 4, S. 57–63

*Rösel, H.*

Endlagerung radioaktiver Abfälle – Ein Weg zwischen Politik und Gerichten.

Jahrbuch der Atomwirtschaft 1997, S. 60–68

*Sonnek, C.*

Rechtsgrundlagen – Strahlung.

In:

*Wichmann/Schlipköter/Fülgraff (Hrsg.)*

Handbuch der Umweltmedizin.

11. Erg.-Lfg., 7/97

#### KTA-Geschäftsstelle

KTA-Jahresbericht 1996/1997 (1. Juli 1996 bis 30. Juni 1997). ISSN 0942-5969

KTA-Handbuch. Austausch- und Ergänzungsblätter, Stand: September 1997

KTA-Regeln und -Regelentwürfe, siehe Kapitel „Die KTA-Geschäftsstelle“

KTA-Regel-Übersetzungen, siehe Kapitel „Fachbereich Kerntechnische Sicherheit“

*Bath, H.-R.; Hansch M.; Hienstorfer, W. G.; König, G.*

Stand der wiederkehrenden Prüfung im Regelwerk.

In:

23.MPA-Seminar, Stuttgart, 1. und 2. Oktober 1997, Seminarband

*Kalinowski, I.*

Anwendung des KTA-Regelwerkes für den praktischen Strahlenschutz.

In:

*Bochardt, D.; Kaul, A.; Kraus, W.; Neider, R.; Rühle, R. (Hrsg.)*

Strahlenschutz: wissenschaftliche Grundlagen, rechtliche Grundlagen, praktische Anwendungen, Kompendium der Sommerschule Strahlenschutz, 5. Auflage, Berlin, H. Hoffmann Verlag, 1997

*Blume, G.; Hosser, D.; Pradhan, M.*

Vereinfachte brandschutztechnische Bemessung von Bauteilen – Regelung im Rahmen von KTA 2101.2.

In:

Braunschweiger Brandschutz-Tage '97, 7. Fachseminar Brandschutz – Forschung und Praxis, Braunschweig, 1. und 2. Oktober 1997, Kurzreferate. Heft 133, 1997. TU Braunschweig, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz

#### Fachbereich Strahlenhygiene Institut für Strahlenhygiene

*Bährle, H.; Dalheimer, A.; Janett, A.; Neudert, N.*

Leitfaden zur Zertifizierung und Akkreditierung im Strahlenschutz.

Loseblattsammlung, Fachverband für Strahlenschutz e. V., AKP, 09.1997

*Bauer, B.; Veit, R.; Vogel, E.; Bernhardt, J.-H.*

Bildgebende Diagnostik der weiblichen Brust Dt. Ärztebl. 94 H. 45 (1997) S. A 3001–A3002

*Bayer A.; Baggenstos, M. (Hrsg.)*

Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall.

Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.–10. Oktober 1997

Bericht FS-97-86-T, Verlag TÜV Rheinland, Köln (1997)

*Bayer, A.*

Das Strahlenschutzvorsorgegesetz und sein untergesetzliches Regelwerk – Überwachung der Umweltradioaktivität und Vorsorgemaßnahmen.

Interner ISH-Bericht ISH-IB-3 – REV-3 (1997)

*Bayer, A.*

Definition von Dosen und Festlegung von Dosisgrenzwerten – Ein kurzer historischer Abriss Vortragsskriptum Forschungszentrum Karlsruhe (1997)

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Publikationen

- Bayer, A.**  
Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall – eine wesentliche Komponente des Notfallschutzes.  
In:  
*Bayer, A.; Baggenstos, M. (Hrsg.)*  
2. Seminar Notfallschutz, München 8.–10. Okt. 1997  
„Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall“.  
Bericht FS-97-86-T (1997), S. 3–12
- Bayer, A.**  
Monitoring of Radioactive Contamination and Radiation Exposure in the Environment in Germany.  
In:  
Proceedings of IRPA Regional Symposium „Radiation Protection in Neighbouring Countries of Central Europe“, Prag, 8.–12. Sept. 1997, pp. 337–340
- Bayer, A.**  
Precautionary Radiation Protection Act and Its Regulations; Monitoring of Environmental Radioactivity and Precautionary Measures.  
Interner ISH-Bericht ISH-IB-3-REV-3-E (1997)
- Bayer, A.**  
Überwachung der radioaktiven Kontamination und der Strahlenexposition in der Umwelt – Aufgaben, Techniken, Realisierungen.  
Kerntechnik 62, 52–66 (1997)
- Bayer, A.**  
Überwachung der radioaktiven Kontamination und der Strahlenexposition der Umwelt.  
Vortragsskriptum Forschungszentrum Karlsruhe (1997)
- Bayer, A.; Bittner, S.; Korn, H.**  
Off-Site Nuclear Emergency Management in Germany Under the Auspices of the Federal Structure.  
Nuclear Safety 37, 202–210 (1997)
- Bayer, A.; Bittner, S.; Korn, H.**  
Off-site Nuclear Emergency Management in Germany Under the Auspices of the Federal Structure.  
In:  
Proceedings of IRPA Regional Symposium „Radiation Protection in Neighbouring Countries of Central Europe“, Prag, 8.–12. Sept. 1997, pp. 219–221
- Bayer, A.; Bittner, S.; Korn, H.; Krüger, F. W.**  
Aus- und Weiterbildung im nuklearen Notfallschutz; Vorschlag für ein Programm (Curriculum).  
Interner ISH-Bericht ISH-IB-6-REV-2 (1997)
- Bayer, A.; Korn, H.; Bittner, S.; Krüger, F. W.**  
Elemente des nuklearen Notfallschutzes; Eine Merkpostenaufstellung.  
Interner ISH-Bericht ISH-IB-6-REV-2 (1997)
- Bayer, A.; Korn, H.; Krüger, F. W.; Bittner, S.**  
Aus- und Weiterbildung im anlagenexternen nuklearen Notfallschutz; Vorschlag für ein Programm (Curriculum).  
In:  
29. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Luzern, 15.–18. Sept. 1997  
„Verwirklichung sicherer Arbeitsweisen, Umgang mit Strahlung und anderen Noxen“  
Bericht FS-97-83-T (1997), S. 99–104
- Bayer, A.; Wiechen, A.**  
Surveillance of Radioactivity in the Environment.  
(Editorial of a Special Issue)  
Kerntechnik 62, 80 (1997)
- Bayer, A.; Wirth, E.; Haubelt, R.; König, K.; Eitenhuber, E.; Winkelmann, I.; Rühle, H.**  
Contamination and Radiation Exposure in Germany Following the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant.  
In:  
One Decade After Chernobyl: Summing up the Consequences of the Accident.  
Proceedings of an International Conference, Wien 8.–12. April 1996  
Report IAEA-TECDOC-964 (1997), Vol. 2, pp. 130–137
- Bayer, A.**  
Der anlagenexterne nukleare Notfallschutz – Ein Werkzeug zur Verminderung des nuklearen Risikos.  
Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, 17, 69–83 (1997)
- Belli, M.; Albers, B.; Bunzl, K.; Dawson, D.; Delvaux, B.; Gerzabek, M.; Ould-Dada, Z.; Pasquale, A.; Rafferty, B.; Tiesen, T.; Shaw, G.; Strebl, F.; Steiner, M.; Wirth, E.**  
Long-term dynamics of radionuclides in semi-natural environments: Derivation of parameters and modelling.  
Proceedings of the XIII International Symposium on Environmental Biogeochemistry, Monopoli, Bari, Italien, 21.–26. Sept. 1997
- Bergqvist, U.; Vogel, E. (eds.)**  
Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields.  
A report prepared by a European group of experts for the European Commission DGV.  
Arbete och hälsa 19 1997, National Institute for Working Life, Solna, Schweden.
- Bernhardt, J. H.**  
Physikalische Einflußfaktoren. Teil 2: Niederfrequente elektrische und magnetische Felder.  
In:  
Praktische Umweltmedizin – A. Beyer und D. Eis, Hrsg., S. 1–21  
Springer Loseblatt Systeme, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1997.
- Bernhardt, J. H.**  
Schutz vor nichtionisierender Strahlung: Aufgaben und Empfehlungen der ICNIRP.  
In:  
Was gibt es Neues in der Medizin? Hrsg. H. Neugebauer  
Medizinisches Jahrbuch 1997, S. 55–62  
Dr. Peter Müller Verlag A-1190 Wien, 1997
- Bernhardt, J. H.**  
Schutzaspekte nichtionisierender Strahlung.  
In:  
*Bochardt, D.; Kaul, A.; Kraus, W.; Neider, R.; Rühle, R. (Hrsg.)*  
Strahlenschutz: wissenschaftliche Grundlagen, rechtliche Grundlagen, praktische Anwendungen  
Kompendium der Sommerschule Strahlenschutz, 5. Auflage, Berlin, H. Hoffmann Verlag, 1997. J2; 1–25
- Bernhardt, J. H.; Brix, J.; Schulz, O.; Vogel, E.**  
Elektromagnetische Felder: Welchen Aussagen über ihre Wirkungen dürfen wir glauben?  
Kriterien zur Bewertung wissenschaftlicher Untersuchungen.  
Strahlenschutzpraxis 3 (1997) 4, S. 42–49
- Bernhardt, J. H.; Matthes, R.**  
Recent and future activities of the ICNIRP.  
Radiation Protection Dosimetry, 72 (3–4), 167–176, 1997
- Bernhardt, J. H.; Matthes, R.; Repacholi, M. H. (eds.)**  
Non-thermal effects of RF electromagnetic fields. Proceedings of the International Seminar on Biological Effects of Non-Thermal Pulsed and Amplitude modulated RF Electromagnetic Fields and Related Health Risks.  
Munich, Germany, November 20 and 21, 1996  
ICNIRP 3/97, ISBN 3-9804789-2-0
- Bernhardt, J. H.**  
Recent activities on the ICNIRP related to non-ionizing radiation protection. The IRPA Regional Symposium on Radioation Protection in Neighbouring Countries of Central Europe. Prag, 8.–12. September 1997.  
Proceedings, Czech Technical University, Prague, pp. 632–637, 1997
- Bittner, S.; Korn, H.; Zindler, H.**  
The German Catalogue of Countermeasures – A Suitable and Necessary Tool in Emergency Situations.  
Proceedings of the 6th Topical Meeting on Emergency Preparedness and Response, San Francisco, 22.–25. April 1997, Vol. 1, 1997, pp. 165–166
- Blettner, M.; Grosche, B.**  
Tumorrisiko bei fliegendem Personal: Gegenwärtiger epidemiologischer Kenntnisstand.  
Dt. Ärztebl. 94 (1997): A104–109



# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Publikationen

- Blettner, M.; Grosche, B.*  
Tumorrisiko bei fliegendem Personal: Gegenwärtiger epidemiologischer Kenntnisstand.  
In:  
*Florian, H. J.; Stollenz, E.; Valentin, H.; Zober, A. (eds.)*  
Arbeitsmedizin aktuell (Lieferung 40, 5/97)  
Stuttgart Jena Lübeck Ulm: Gustav Fischer, S. 19.1/65–72
- Brix, J.; Kaffenberger, W.; Egblomassé, C.*  
Influence of electric 50 Hz fields on the PMA activated respiratory burst reaction of human neutrophils,  
Second World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine, Bologna, 8–13 June 1997, Abstract book, p. 245.
- Burkart, W.*  
Die gesundheitlichen Risiken ionisierender Strahlung.  
Spektrum der Wissenschaften, Dossier: Radioaktivität. 1/97, 76–80 (1997)
- Burkart, W.*  
Gesundheitliche Belastung durch Kernenergienutzung, Energie und Umwelt.  
7. Sommersymposium des Zentrums für Umweltforschung. Münster, im Druck (1997)
- Burkart, W.; Finch, G. L.; Jung, T.*  
Quantifying health effects from the combined action of low-level radiation and other environmental agents: Can new approaches solve the enigma?  
Sci. Tot. Environ. 205 (1997), 51–70.
- Burkart, W.; Goloshapov, P.; König, K.; Mundigl, S.; Romanov, G. N.*  
Intercomparison and validation exercises in the Southern Urals.  
Radioprotection 32, 197–208 (1997)
- Burkart, W.; Jung, T.*  
Combined effects of radiation and other agents.  
In:  
Sources and Effects of Ionizing Radiation (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR). United Nations, New York (Annex R.563, 3rd Draft) (1997)
- Burkart W.; Schnelzer M.*  
Das nukleare Vermächtnis der Sowjetunion.  
Spektrum der Wissenschaften, Dossier: Radioaktivität. 1/97, 88–93 (1997)
- Burkart, W.; Schnelzer, M.*  
Kerntechnische Anlagen: Wirkungen  
Handbuch der Umweltmedizin (Wichmann, Schlipkötter, Fülgraff, eds.), ecomed, Landsberg (1997)
- Burkart, W.; Steiner, M.; Grosche, B.*  
Negative trends for in utero Chernobyl exposure and early childhood leukaemia in Western Germany.  
In:  
IAEA, Low doses of ionizing radiation, biological effects and regulatory control, Wien, 208–211 (1997)
- Buzin, R.*  
Cartographic Visualisation within IMIS – the german integrated radioactivity information and decision support system.  
In:  
Proceedings 18<sup>th</sup> ICA/ACI International Cartographic Conference '97, Volume 3
- Dalheimer, A.; Henrichs, K.*  
The monitoring of potential incorporations of occupationally exposed workers in Germany, I. The regulatory system for incorporation monitoring.  
Kerntechnik, vol. 62(1), 1997, 45–50
- Dalheimer, A.; Henrichs, K.*  
The regulatory system of monitoring workers in Germany for intakes of radioactivity.  
In:  
Radiation Protection in Neighbouring Countries in Central Europe – 1995, Ed.: D. Glavic-Cindro; Tipografija Ljubljana, 1996, 409–412
- Dalheimer, A.; Kaul, A.; König, K.; Noßke, D.*  
Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen.  
StrahlenschutzPraxis 3 (1997) 4, S. 57–63
- Dalheimer, A.; König, K.; Mundigl, S. (Hrsg.)*  
Überwachung der Raumluftaktivität – Verfahren, Interpretation, Qualitätssicherung –,  
2. Fachgespräch der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS.  
Bericht BFS-ISH-175/96, Neuherberg, Okt. 1996
- Dalheimer, A; Beyer, D.; Günther, E. W.; Henrichs, K.*  
Radionuclide analyses of urine samples: Results of an intercomparison.  
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A, vol. 369 (2, 3), 1996, 712–717
- Dreicer, M.; Tort, V.; Thieme, M.*  
The Monetary Valuation of the Health and Environmental Impacts of the Nuclear Fuel Cycle.  
Kerntechnik, 62 (1997) 1, S. 34–39
- Göksu, H. Y.; Heide, L. M.; Bougrov, N. G.; Dalheimer, A.; Meckbach, R.; Jacob, P.*  
Depth-dose distribution in bricks determined by thermoluminescence and by Monte-Carlo calculation for external gamma-dose reconstruction.  
Applied Radiation and Isotopes, vol. 47 (4), 1996, 432–440
- Grindrod, L.; Thieme, M.*  
In vivo monitoring systems intercomparison.  
NRPB Radiological Protection Bulletin No. 191: 17–22, July 1997
- Grosche, B.; Irl, C.; Schoetzau, A.; van Santen, E.*  
Perinatal mortality in Bavaria, Germany, after the Chernobyl reactor accident.  
Radiat Environ Biophys 36 (1997), 129–136
- Grosche, B.; Schoetzau, A.; Burkart, W.*  
Down's Syndrome clusters in Germany in close temporal relationship to the Chernobyl accident.  
In:  
IAEA, Low doses of ionizing radiation, biological effects and regulatory control, Wien, 204–207 (1997)
- Henrichs, K.; Dalheimer, A.; König, K.*  
Stand und Tendenzen der Inkorporationsüberwachung: Was bringt die Verfeinerung biokinetischer Modelle?  
StrahlenschutzPraxis 2 (1996) 2, S. 24–28
- Höfer, H.; Bayer, A.*  
Assessment of the Dispersion of Radionuclides in Flowing Waters Using a Dynamic Model.  
In:  
Freshwater and Estuarine Radioecology Proceedings of an International Seminar, Lisbon, 21.–25. März 1994  
Elsevier Science B.V., Amsterdam (1997), Seite 489–496
- Hornung-Lauxmann, L.; Sammet, S.*  
„Meßprogramme im § 3-Bereich und deren Erprobung in Übungen“.  
BfS-Bericht zum 3. Statusgespräch IMIS am 17. Dez. 1996 im BfS/IAR (Sept. 1997)
- Jacobi, W.; Roth, P.; Noßke, D.*  
Mögliches Risiko und Verursachungs-Wahrscheinlichkeit von Knochen- und Leberkrebs durch die berufliche Alphastrahlen-Exposition von Beschäftigten der ehemaligen WISMUT-AG.  
Forschungsbericht im Auftrag des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften. GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für Strahlenschutz, Juli 1997.
- Jung, T.; Burkart, W.*  
Assessment of risks from combined exposures to radiation and other agents at environmental levels.  
In:  
High Levels of Natural Radiation 1996, Radiation Dose and Health Effects, Proceedings of the 4th International Conference on High Levels of Natural Radiation, Beijing, China, October 1996, International Congress Series 1136 (L. Wei, T. Sugahara und Z. Tao, eds.), Elsevier, Amsterdam (1997), pp. 167–178.

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Publikationen

- Kaul, A.; Dalheimer, A.; König, K.; Noßke, N.*  
Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen, Teil I: Rechtliche Regelungen und Meßverfahren.  
StrahlenschutzPraxis 3 (1997) 4, S. 57–63
- Korn, H.*  
Date Requirements for Decision Support Systems of High Reability.  
Radiation Protection Dosimetry, Vol. 73, 1997, p. 265–268
- Korn, H.*  
Der Notfallschutz bei kerntechnischen Anlagen.  
In:  
*Bochardt, D.; Kaul, A.; Kraus, W.; Neider, R.; Rühle, R. (Hrsg.)*  
Strahlenschutz: wissenschaftliche Grundlagen, rechtliche Grundlagen, praktische Anwendungen, Kompendium der Sommerschule Strahlenschutz, 5. Auflage, Berlin, H. Hoffmann Verlag, 1997, 13, S. 1–9.
- Korn, H.; Zindler, H.*  
System of legal regulations and recommendations on emergency preparedness in the Federal Republic of Germany.  
Proceedings of the 6th Topical Meeting on Emergency Preparedness and Response, San Francisco, 22.–25. April 1997, Vol. 1, 1997, pp. 95–98
- Lackland, D.; Grosche, B.; Mohr, L.; Dunbar, J.; Burkart, W.; Hoel, D.*  
Leukaemia in the vicinity of two tritium releasing nuclear facilities: a comparison of the Kruemmel site, Germany, and the Savannah River Site, South Carolina, USA.  
In:  
*British Nuclear Energy Society (ed.)*  
Health effects of low dose radiation. Challenges of the 21st century.  
Proceedings of the conference on health effects of low dose radiation, held on 11–14 May 1997; London: BNES, 126–137 (1997)
- Lieberz, W.; Schmitt-Hannig, A.*  
Study on Reducing Doses in Mobile Industrial Radiography in Germany.  
European ALARA Newsletter, Issue 3, 1997
- Matthes, R.*  
Einfluß von Mikrowellen bzw. hochfrequenten Feldern auf lebende Organismen und Sicherheit von Mikrowellengeräten.  
Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin bgv Hefte, Nr. 11, S. 19–26, 1997
- Matthes, R.*  
Empfehlungen der „International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection“ (ICNIRP).  
In:  
Nichtionisierende Strahlung. Fortbildungsveranstaltung des Arbeitskreises Nichtionisierende Strahlung des Fachverbandes für Strahlenschutz. Luzern, 15. Sept. 1997
- Matthes, R.; Bernhardt, J. H.; Repacholi, M. H. (eds.)*  
Biological effects of static and ELF electric and magnetic fields.  
Proceedings of the International Seminar on Biological Effects of Static and ELF Electric and Magnetic Fields and Related Health Risks. Bologna, Italy, June 4 and 5, 1997, ICNIRP 4/97, ISBN 3-9804789-3-9
- Michaelis, J.; Kaletsch, U.; Grosche, B.; Burkart, W.*  
Infant leukaemia after the Chernobyl accident.  
Nature 387 (1997), 246
- Nalezinski, S.; Rühm, W.; Steiner, M.; Wirth, E.*  
Time-dependent radicaesium transfer factors soil/plant for sugar beet and potato.  
Proceedings of the XXVIIth annual meeting of ESNA/jointly organised with IUR, Gent, Belgium, 29. Aug.–2. Sept. 1997, 170–176
- Neudert, N.; Dalheimer, A.; Bährle, H.*  
Akkreditierung eines ausscheidungsanalytischen Laboratoriums nach EN 45001.  
In:  
Verwirklichung sicherer Arbeitsweisen, Eds.: *A. Auf der Maur, H. Brunner, C. Wernli*, Verlag TÜV Rheinland GmbH, 1997, 245–250
- Nürnberg, E.; Jenei, V.; Konhäuser, E.; Jung, T.*  
Effects of Radiations of Different Qualities ( $\alpha$ - and X-rays) on Human Primary Keratinocytes.  
In:  
Journal of Experimental Dermatology, „Abstracts from the Workshop on Proliferation, Differentiation and Death in Human Skin, September 6–8, 1996 in Salzburg, Austria“, Vol. 6, No. 6, 1997, p. 329–336
- Peter, J.; Trautmannsheimer, M.; Gerken, M.*  
Die Exposition durch Thoronzerfallsprodukte (innen und außen) in Deutschland.  
In:  
Forschung zum Problemkreis „Radon“. Vortragsmanuskripte des 10. Statusgesprächs des BMU, Berlin, 21./22. Okt. 1997
- Peter, J.; Gregor, J.; Kammerer, L.; Lange, B.*  
Evaluation of radiological consequences of nuclear accidents with the computer model PARK.  
Kerntechnik 62 (1997)
- Romm, H.; Stephan, G.; Pittelkow, E.; Rohloff, R.*  
Translocations in seminoma patients detected by FISH.  
Numéro spécial de Radioprotection 32 (1997) „27th Annual Meeting of the European Society for Radiation Biology“, C1–259
- Rühm, W.; Kammerer, L.; Hiersche, L.; Wirth, E.*  
The 137 Cs/134 Cs ratio in fungi as an indicator of the major mycelium location in forest soil.  
Journal of Environmental Radioactivity 35, 129–148
- Schoetzau, A.; Irl, C.; van Santen, F.; Grosche, B.; Müller, U.*  
Geburtsprävalenz ausgewählter Fehlbildungen bei Lebendgeborenen in Bayern 1984–1991.  
Monatsschr. Kinderheilkd. 145 (1997) 838–844
- Schoetzau, A.; van Santen, F.; Sauer, U.; Irl, C.*  
Kardiovaskuläre Fehlbildungen in Bayern 1984–1991.  
Z Kardiol 86 (1997): 496–504
- Schopka, H.-J.*  
Die Bedeutung der EU-Grundnormen und der Patientenrichtlinie für die Medizinische Physik.  
In:  
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik e. V. (R. Schmidt, Ed.). S. 339–340, DGMP, ISBN 3-925218-62-9 (1997)
- Schwarz, E.-R.; Bauer, B.*  
Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin.  
In:  
*Bochardt, D.; Kaul, A.; Kraus, W.; Neider, R.; Rühle, R. (Hrsg.)*  
Strahlenschutz: wissenschaftliche Grundlagen, rechtliche Grundlagen, praktische Anwendungen, Kompendium der Sommerschule Strahlenschutz, 5. Auflage, Berlin, H. Hoffmann Verlag, 1997
- Schwarz, E.-R.; Nürnberg, E.; Martignoni, K.*  
Radon als Heilmittel – strahlenbiologische und medizinische Aspekte, Risiko.  
Wissenschaft und Umwelt, 3/1995, erschienen im Oktober 1997, S. 141–145
- Sigg, M.; Crompton, N. E. A.; Burkart, W.*  
Enhanced transformation in an inhomogeneous radiation field under bystander conditions.  
Radiation Res. 148, 542–547 (1997)

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Publikationen

*Stapel, R.*

Standardinformation aus dem Integrierten Meß- und Informationssystem (IMIS) und dem Programm zur Abschätzung radiologischer Konsequenzen (PARK) nach einem kerntechnischen Unfall.

In:

Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall.

Arbeitskreis Notfallschutz des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., München, 8.–10. Oktober 1997, Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1997, S. 86–96

*Stehling, M. K.; Niedermayer, M.; Laub, G.*

Kontrastmittelverstärkte Magnetresonanztomographie.

Der Radiologe, Nr. 7, 1997, 501–507

*Steiner, M.; Wirth, E.*

Die Migration von Radiocäsium in Waldböden: Konsequenzen für die zukünftige radioaktive Belastung von Pilzen und Beerenpflanzen.

2. Workshop „Radiocäsium in Wald und Wild“, 10./11. Juni 1997, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach

*Stephan, G.*

Chromosomenanalyse zum Nachweis von Strahlenexpositionen im Zusammenhang mit der Anerkennung von Berufskrankheiten.

Der medizinische Sachverständige 93 (1997), 180–183

*Stephan, G.; Pressl, S.*

Chromosome aberrations in human lymphocytes analysed by fluorescence in situ hybridization after in vitro irradiation, and in radiation workers, 11 years after an accidental radiation exposure.

International Journal of Radiation Biology 71 (1997), 293–299

*Stephan, G.; Pressl, S.*

Probleme beim Einsatz der Technik der Fluoreszenz in situ Hybridisierung (FISH) im Populationsmonitoring.

In:

*Arndt, D.; Obe, G. (Hrsg.)*

Qualitätssicherung in der Zyto- und Molekulargenetik.

RKI-Schriften 1/97

*Trautmannsheimer, M.; Bunzl, K.; Peter, J. E.*

Comparison between indoor and outdoor measurements of Rn-220 decay product concentrations and meteorological parameters.

7. Tohwa University International Symposium on Radon and Thoron in the Human Environment 1997

*Vogel, E.*

Grundlagen für Grenzwerte.

In:

Tagungsband PU-97-3: „Elektrosensibilität: Standortbestimmung eines Phänomens“ ETH Zürich, Schweiz, S. 22–26, 1997

*Vogel, E.; Grell, L.*

Was ist das: Bioresonanz-Therapie?

sowie:

*Grell, L., Vogel, E.*

„Therapie mit HF-pocket-Geräten“

In:

Erweiterte Schulmedizin, Band 3, Unkonventionelle Therapiemethoden und Arzneimittelverschreibungen, Eds. R. Saller und H. Feiereis, Hans Marseille Verlag, München 1997

*Vogel, E.; Grell, L.*

Schlußwort zu einem Leserbrief, betreffend:

„Was ist das: Bioresonanz-Therapie?“

Internistische Praxis, 37(2) S. 450–451, 1997

*Weller, E. M.; Hain, J.; Jung, T.; Kinder, R.; Köfelerlein, M.; Burkart, W.; Nüsse, M.*

Flow Cytometric Analysis in Human Keratinocytes.

In:

Journal of Experimental Dermatology, „Abstracts from the Workshop on Proliferation, Differentiation and Death in Human Skin, September 6–8, 1996 in Salzburg, Austria“, Vol. 6, No. 6, 1997, pp. 329–336

*Wirth, E.*

Die neuen Anhänge der Richtlinie „Emissions- und Immissionsüberwachung“ (REI)

In:

*Bochardt, D.; Kaul, A.; Kraus, W.; Neider, R.; Rühle, R. (Hrsg.)*

Strahlenschutz: wissenschaftliche Grundlagen, rechtliche Grundlagen, praktische Anwendungen, Kompendium der Sommerschule Strahlenschutz, 5. Auflage, Berlin, H. Hoffmann Verlag, 1997

*Wirth, E.; Stapel, R.*

Fachliche Anforderungen an IMIS – ein Soll-Ist-Vergleich

In:

3. „Statusgespräch IMIS – Bestandsaufnahme und zukünftige Perspektiven“ 17. Dez. 1996, BfS Bericht 11–17, 1997

---

## Fachbereich Strahlenhygiene Institut für Atmosphärische Radioaktivität

---

*Kromer, B.; Münnich, K. O.; Weiss, W.; Zähringer, M.*

Nuklidspezifische Kontaminationserfassung.

Zivilschutzforschung, Neue Folge Band 19 (1997), S. 7–65,

Bundesamt für Zivilschutz (Hrsg.), Bonn, ISSN 0343-5164

*Weiss, W.*

Strategies for monitoring and for the assessment of the radiological situation in an emergency.

Radiation Protection Dosimetrie, Vol. 73 (1997), Nos. 1–4, pp. 7–10

*Weiss, W.*

Die Verifikation eines umfassenden Kernwaffenteststoppabkommens.

Zivilschutzforschung, Neue Folge Band 26 (1997), S. 253–256

Bundesamt für Zivilschutz (Hrsg.), Bonn, ISSN

*Weiss, W.*

Erfahrungen mit dem Integrierten Meß- und Informationssystem (IMIS) und der Kernreaktorfernüberwachung (KFÜ) im Rahmen der Überwachung der Umweltradioaktivität.

In:

*Bochardt, D.; Kaul, A.; Kraus, W.; Neider, R.; Rühle, R. (Hrsg.)*

Strahlenschutz: wissenschaftliche Grundlagen, rechtliche Grundlagen, praktische Anwendungen, Kompendium der Sommerschule Strahlenschutz, 5. Auflage, Berlin, H. Hoffmann Verlag, 1997

*Weiss, W.*

Atomteststopp-Verifikation II.

Das Radioaktivitätsmeßnetz, Spektrum der Wissenschaft, August 1997, S. 109–111

---

## Fachbereich Strahlenschutz

---

*Aurand, K.; Rühle, H. (Hrsg.)*

Radon und Trinkwasser.

Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e. V. Berlin, Eigenverlag WaBoLu Berlin, 1997, 101

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Publikationen

*Bünger, Th.*

Untersuchungen zum Radongehalt des Trinkwassers in Berliner Wasserwerken.

In:

*Aurand, K.; Rühle, H. (Hrsg.)*

Radon und Trinkwasser.

Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e. V. Berlin, Eigenverlag WaBoLu Berlin, 1997, 101, S. 29–38

*Bünger, Th.*

Der Gehalt natürlicher Radionuklide (Uran, Radium, Thorium u. a.) im Trinkwasser.

In:

*Aurand, K.; Rühle, H. (Hrsg.)*

Radon und Trinkwasser.

Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e. V. Berlin, Eigenverlag WaBoLu Berlin, 1997, 101, S. 125–140

*Czarwinski, R.*

Untersuchung der Strahlenexposition in Gebäuden Niedersachsens.

Interner BfS-Bericht, ST1-01/1997

*Ettenhuber, E.; Kraus, W.; Kümmel, M.; Przyborowski, S.*

Basic problems in evaluation radiation exposures from mining residues.

Proceedings of the sixth international conference on radioactive waste management on environmental remediation, Singapur (1997), pp. 733–736

*Jurk, M.; Sawallisch, S.; Wichterey, K.*

Erste Abschätzung der durch Nutzung von bergbaulich beeinflussten Auen möglichen Strahlenexposition.

Interner BfS-Bericht, ST1-03/1997

*Kaul, A.; Heimlich, F.; Huck, W.; Martignoni, K.; Rimpler, A.*

CASTOR-Transporte: Strahlendosis und Risiko. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 47 (1997) 11, S. 648–654

*Kraus, W.*

Strahlenschutz so vernünftig wie möglich, oder: Wie leben wir mit dem Dilemma unserer Unsicherheit? – Ein Resümee.

StrahlenschutzPraxis 3 (1997) 2, S. 24–26

*Kraus, W.; Ettenhuber, E.; Przyborowski, S.*

Strahlenschutzprobleme bei der Sanierung von Uranerzbergbaugebieten und anderen bergbaulichen Altlasten.

VDI-Berichte 1358, Leipzig (1997), S. 133–148

*Kraus, W.*

Die natürliche Strahlenexposition und ihre Beeinflussung durch zivilisatorische Einwirkungen.

In:

*Bochardt, D.; Kaul, A.; Kraus, W.; Neider, R.; Rühle, R. (Hrsg.)*

Strahlenschutz: wissenschaftliche Grundlagen, rechtliche Grundlagen, praktische Anwendungen, Kompendium der Sommerschule Strahlenschutz, 5. Auflage, Berlin, H. Hoffmann Verlag, 1997, E1

*Kümmel, M.*

Abschätzung eines zu erwartenden Kostenaufwandes für Sanierungsmaßnahmen bergbaulicher Altlasten – Teil 1: Abschätzung der Anzahl der zu sanierenden bergbaulichen Objekte.

Interner BfS-Bericht, ST1-04/1997

*Lehmann, R.*

Strahlenexposition durch Radon und Radonzerfallsprodukte in Wohngebieten der Bergbaugebiete von Sachsen und Thüringen.

Interner BfS-Bericht, ST 1-02/1997

*Maßmeyer, K.; Martens, H.; Bendick, R.; Dushe, C.; Kümmel, M.*

Modelling the atmospheric dispersion of radon originating from area sources connected with uranium milling and mining facilities.

Kerntechnik 62 (1997) 5–6, S. 232–238

*Przyborowski, S.; Röhnsch, W.*

Strahlenexposition der Bevölkerung und bei beruflicher Tätigkeit durch Radon (Risiko – Richtwerte – Grenzwerte).

In:

*Bochardt, D.; Kaul, A.; Kraus, W.; Neider, R.; Rühle, R. (Hrsg.)*

Strahlenschutz: wissenschaftliche Grundlagen, rechtliche Grundlagen, praktische Anwendungen, Kompendium der Sommerschule Strahlenschutz, 5. Auflage, Berlin, H. Hoffmann Verlag, 1997, E2

*Przyborowski, S.*

Schwierigkeiten bei der Bewertung der Strahlenexposition durch Radon.

In:

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Band 16, 1997, Heft 1, S. 59–67

*Rühle, H.*

Radioaktive Abwässer.

In:

Abwassertechnische Vereinigung e. V. (Hrsg.) ATV-Handbuch „Biologische und weitergehende Abwasserreinigung“, 4. Auflage (früher u. d. T.: Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik)

Ernst & Sohn Verlag Berlin (1997), S. 539–574

*Rühle, H.*

Nachweis- und Erkennungsgrenzen bei Kernstrahlungsmessungen.

In:

*Borchardt, D.; Kaul, A.; Kraus, W.; Neider, R.; Rühle, H. (Hrsg.)*

Strahlenschutz: wissenschaftliche Grundlagen, rechtliche Grundlagen, praktische Anwendungen, Kompendium der Sommerschule Strahlenschutz, 5. Auflage, Berlin, H. Hoffmann Verlag, 1997, K 4

*Rühle, H.*

Radon in unserer Umwelt und die damit verbundene Strahlenexposition der Bevölkerung.

In:

*Aurand, K.; Rühle, H. (Hrsg.)*

Radon und Trinkwasser.

Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e. V. Berlin, Eigenverlag WaBoLu Berlin, 1997, 101, S. 39–56

*Wichterey, K.; Sawallisch, S.*

Abschätzung der Strahlenexposition für Nutzer der Gartensparte „Silberbachtal“ in Schlema.

Interner BfS-Bericht, ST1-05/1997

*Will, W.*

Ortsdosisleistung der terrestrischen Gammastrahlung in Deutschland.

StrahlenschutzPraxis 3 (1997) 3, S. 55–57

*Yoshida, S.; Muramatsu, Y.; Rühm, W.; Ranta-vaara, A.*

Behavior of radiocesium and related stable elements in forest ecosystems

In:

*Ohmono, Y.; Sakurai, N. (Editors)*

Proceedings of international Meeting on influence of climatic characteristics upon behavior of radioactive elements

Rokkasho, Aomori, Japan, October 14–16, 1997

### Fachbereich

### Kerntechnische Sicherheit

Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz

Loseblattausgabe seit 1978

24. Ergänzung 12/96

25. Ergänzung 6/97

RSH PC24, RSH PC25, entsprechende Dateisammlungen in WINWORD

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Publikationen

### Übersetzungen

#### von Regeln und Richtlinien

KTA 3201.2 (6/96)

Components of the reactor coolant pressure boundary of light water reactors; Part 2: Design and analysis.

Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren;

Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung.

KTA 3407 (6/91)

Pipe Penetrations through the Reactor Containment Vessel.

Rohrdurchführungen durch den Reaktorsicherheitsbehälter.

KTA 3603 (6/91)

Facilities for treating radioactively contaminated water in nuclear power plants.

Anlagen zur Behandlung von radioaktiv kontaminiertem Wasser in Kernkraftwerken.

KTA 3902 (6/92)

Lifting equipment in nuclear power plants.

Auslegung von Hebezeugen in Kernkraftwerken.

5/96

Existing nuclear power plants equipped with pressurized water reactors in the Federal Republic of Germany: Measures to reduce the risk associated with a hydrogen release into the containment after events going beyond the design basis, Recommendation of the RSK of April 20, 1994.

Existierende Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktor in der Bundesrepublik Deutschland: Maßnahmen zur Risikominderung bei Freisetzung von Wasserstoff in den Sicherheitsbehälter nach auslegungsüberschreitenden Ereignissen, Empfehlung der RSK vom 20. April 1994.

6/96 (bilingual)

Act on the precautionary protection of the population against radiation exposure (Precautionary Radiation Protection Act) of December 19, 1986, last amendment of June 24, 1994.

Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung. (Strahlenschutzvorsorgegesetz) vom 19. Dezember 1986, zuletzt geändert durch Gesetz vom 24. Juni 1994.

7/96 (bilingual)

Act on the peaceful utilization of atomic energy and the protection against its hazards (Atomic Energy Act) of December 23, 1959, as amended and promulgated on July 15, 1985, last amendment by the act of September 12, 1996.

Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) vom 23. Dezember 1959, Neufassung vom 15. Juli 1985, zuletzt geändert durch Gesetz vom 12. September 1996.

5/97

Verification of the licensee's monitoring of radioactive effluents from nuclear power plants, guideline of February 5, 1996.

Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken, Richtlinie vom 5. Februar 1996.

### Publikationen

Bayer, A.; Korn, H.; Bittner, S.; Krüger, F. W.

Aus- und Weiterbildung im anlagenexternen Notfallschutz; Vorschlag für ein Programm (Curriculum).

In:

Fachverband für Strahlenschutz, 29. Jahrestagung, Luzern, 15.–18. September 1997  
Bericht FS-97-83-T (1997), S. 99–104

Becker, D. E.; Hutter, J.; Klonk, H.; Krause, Ch.; Philippczyk, F.; Reiner, M.

Die Kernenergie in Deutschland.

In:

Sitzungsbericht der Leibniz-Sozietät e. V., Band 17 (1997), Heft 2, 23–48

Becker, D. E.

Radiation exposure at work places caused by natural radionuclides.

In:

The second regional mediterranean congress on radiation protection, Tel-Aviv, Israel, 16.–20. November 1997, Tagungsband

Becker, D. E.; Bentele, W.; Walter, K.-H.

Preventive radiation protection in German nuclear power plants.

In:

IRPA regional symposium on radiation protection in neighbouring countries of Central Europe, Prag, 8.–12. September 1997, Book of Abstracts, S. 56

Becker, D. E.

Hauptreferat: Praktischer Strahlenschutz im Fachverband für Strahlenschutz.

In:

Verwirklichung sicherer Arbeitsweisen, 29. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Luzern, 15.–18. September 1997, S. 11

Berg, H. P.; Röwekamp, M.

Experience from German reliability data for fire protection measures in NPPs with regard to probabilistic fire safety analyses.

In:

Proceedings 2nd International Conference Fire & Safety '97, Nuclear Engineering International/Wilmington Business Publishing, Dartford 1997, pp. 75–84

Berg, H. P.; Schaefer, Th.; Seidel, F.

Regulatory and safety aspects concerning the implementation of modern instrumentation and control systems in German nuclear power plants.

Kerntechnik 62, 1997, No. 1, pp. 40–44

Berg, H. P.; Hoffmann, H. H.; Röwekamp, M.

Current status of quantitative fire risk assessment in German nuclear power plants.

In:

Proceedings of the 5th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE-5) (CD-ROM), Nice, May 25–29, 1997 ASME, Paper 2176

Berg, H. P.; Weil, L.

Safety features of future LWR in Germany – regulatory view.

In:

Proceedings of the International Topical Meeting on Advanced Reactors Safety, ARS '97, Vol. II, American Nuclear Society, Le Grange Park, 1997, pp. 1313–1319

Berg, H. P.; Kafka, P.

Developments and practice towards risk based regulations in various technologies.

In:

Proceedings of the ESREL '97 Conference: Advances in Safety and Reliability, Vol. 1, Pergamon, Elsevier Science, Oxford-New York-Tokyo, 1997, pp. 15–26

Berg, H. P.; Brennecke, P.; Görtz, R.

German concepts and experiences in decommissioning waste management and waste materials recycling.

Nuclear Plant Journal 15, 1997, No. 5, September–October, pp. 46–47, 56–57

Fröhmel, Th.; Rode, J.

Status of investigations on hydrogen management measures in German light water reactors.

In:

Proceedings of the 14th International Conference on Structural Mechanics In Reactor Technology (SMIRT 14), Lyon, France, 1997, Division P, pp. 261–274

Gelfort, E.; Krüger, F. W.,

Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen in Rußland.

atomwirtschaft-atomtechnik 42 (1997) Heft 4, S. 255–258

Hoffmann, H.; Skoff, G.; Berg, H. P.

Probabilistic safety analysis of external events in German nuclear power plants.

In:

Transactions of the 14th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMIRT 14), Lyon, France, 1997, Vol. 10, pp. 87–94

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Publikationen

Klonk, H.; Weil, L.

Der Leitfaden Stilllegung – Eine Erleichterung für die Praxis?

atw 42. Jg. (1997) Heft 7 – Juli

Krüger, F. W.; Hennig, R.; Hille, M.

Qualitätssicherung für Kernkraftwerke – Revision des Regelwerks der Internationalen Atomenergie Behörde (IAEA).

In:  
VGB Kraftwerkstechnik ZZ (1997) H. 5, S. 363–366

Miller, R.; Kociok, B.; Wilpert, B.

Verfahren zur Integration von Berichtswesen und Ursachenanalyse in der Kerntechnik.

In:  
Vortragsband 29. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Luzern, 1997

Schott, H.; Götz, K.; Berg, H. P.

Qualifizierung von Rechenhilfsmitteln für die probabilistische Sicherheitsanalyse.

In:  
Tagungsbericht Jahrestagung Kerntechnik '97, Hrsg. Deutsches Atomforum, INFORUM Verlag, Bonn, 1997, S. 271–274

Schott, H.; Berg, H. P.; Görtz, R.

Process in the probabilistic safety assessment for nuclear power plants.

In:  
Proceedings of the SRA Europe Meeting 1997 „New Risk Frontiers“, Stockholm, 1997, Center for Risk Research, 1997, pp. 933–934

Skoff, G.; Hoffmann, H. H.; Oehmgens, T.; Berg, H. P.

Probabilistische Sicherheitsanalyse für das Ereignis „Externe Überflutung“.

In:  
Tagungsbericht Jahrestagung Kerntechnik '97, Hrsg. Deutsches Atomforum, INFORUM Verlag, Bonn, 1997, S. 279–282

### Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Arens, G.; Brennecke, P.; Ehrlich, D.

Entwicklung und Fortschritte bei der Risikobewertung von Endlagern für radioaktive Abfälle. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät 17 (1997) 2, S. 85–108

Berg, H.-P.; Brennecke, P.; Görtz, R.

Recycling and waste management related to decommissioning: German experiences and concepts.

In:  
Post, R. G. (Ed.)  
WM '97– HLW, LLW, Mixed Wastes and Environmental Restoration-Working Towards a Cleaner Environment, Proceedings of the Symposium on Waste Management 1997. WM Symposia Inc., Tucson, Arizona (USA), 2–6 March 1997, CD-ROM, Paper 25-03, 8 p.

Brennecke, P.

Die Aufgaben des Bundes bei der Endlagerung radioaktiven Abfalls.

In:  
TÜV Energie Consult (Hrsg.)  
Tagungsband zum Kolloquium 1997: Radioaktiver Abfall – Seine Behandlung als länderübergreifende Aufgabe. TÜV Energie Consult, Hannover, 1997, Vortrag 1, 22 S.

Brennecke, P.

Aufbau und Struktur von Endlagerungsbedingungen.

In:  
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH – Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt, Kursunterlagen S 55, 8. Kurs über Radioaktive Reststoffe und Abfälle, 45 S., Stand Juni 1997

Brennecke, P.

Entsorgung radioaktiver Abfälle in Deutschland. Strahlenschutz Praxis 3 (1997) 3, S. 30–32

Brennecke, P.

LLW/ILW disposal in the Morsleben repository.

In:  
Post, R. G. (Ed.)  
WM '97– HLW, LLW, Mixed Wastes and Environmental Restoration-Working Towards a Cleaner Environment, Proceedings of the Symposium on Waste Management 1997. WM Symposia Inc., Tucson, Arizona (USA), 2–6 March 1997, CD-ROM, Paper 38-02, 7 p.

Brennecke, P.

Waste management. Paper for the IAEA Interregional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, 40 p., as of October 1997

Brennecke, P.; Arens, G.; Hollmann, A.

German approach to alpha bearing waste disposal.

In:  
Post, R. G. (Ed.)  
WM '97– HLW, LLW, Mixed Wastes and Environmental Restoration-Working Towards a Cleaner Environment, Proceedings of the Symposium on Waste Management 1997. WM Symposia Inc., Tucson, Arizona (USA), 2–6 March 1997, CD-ROM, Paper 07-07, 7 p.

Brennecke, P.; Ebel, K.

Entsorgung radioaktiver Abfälle im ERAM. atw 42 (1997) 4, S. 241–245

Brennecke, P.; Giller, H.; Steyer, S.

Endlager Morsleben: Abfall- und freisetzungsspezifische Aspekte, Teil I: Radioaktive Abfälle, Endlagerungsbedingungen und Produktkontrolle.

In:  
Kontec Gesellschaft für technische Kommunikation mbH (Hrsg.)  
Tagungsband KONTEC '97, 3. Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle. Hamburg, 19.–21. März 1997, Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Düsseldorf, 1997, S. 714–718

Brennecke, P.; Giller, H.; Steyer, S.

Morsleben repository: waste and radionuclide release-specific aspects, part I: radioactive wastes, waste acceptance requirements and waste package quality assurance.

In:  
Kontec Gesellschaft für technische Kommunikation mbH (Hrsg.)  
Tagungsband KONTEC '97, 3. Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle. Hamburg, 19.–21. März 1997, Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Düsseldorf, 1997, S. 725–729

Brennecke, P.; Hollmann, A.

Radioaktive Abfälle – Anfall, Bestand 1995 und zukünftiges Aufkommen. atw 42 (1997) 6, S. 401–406

Brennecke, P.; Kugel, K.; Noack, W.

Endlagerungsbedingungen Morsleben. atw 42 (1997) 4, S. 237–241

Brennecke, P.; Martens, B.-R.

Disposal of radioactive waste in the Morsleben repository.

In:  
International Atomic Energy Agency (Ed.)  
Proceedings of an International Symposium on Experience in the Planning and Operation of Low Level Waste Disposal Facilities. International Atomic Energy Agency, Vienna, 1997, pp. 285–296

Brennecke, P.; Siemann, M.

R & D in support of the Gorleben repository project.

In:  
Post, R. G. (Ed.)  
WM '97– HLW, LLW, Mixed Wastes and Environmental Restoration-Working Towards a Cleaner Environment. Proceedings of the Symposium on Waste Management 1997. WM Symposia Inc., Tucson, Arizona (USA), 2–6 March 1997, CD-ROM, Paper ig01-02, 7 p.

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Publikationen

*Brennecke, P.; Tittel, G.*

Das Endlagerprojekt im Salzstock Gorleben – Planungsstand und entsorgungsspezifische Aspekte.

VDF Führungskraft (1997) 5/6, S. 26–33

*Ehrlich, D.; Ibach, T. M.; Kunze, V.; Schulze, H.*  
Flüchtige radioaktive Stoffe in einem Endlager.  
StrahlenschutzPraxis 3 (1997) 3, S. 37–41

*Ehrlich, D.; Kunze, V.; Ibach, T. M.*

Endlager Morsleben: Abfall- und freisetzungsspezifische Aspekte, Teil II: Freisetzung und Nachweis von Tritium im Endlager Morsleben (ERAM).

In:

Kontee Gesellschaft für technische Kommunikation mbH (Hrsg.)

Tagungsband KONTEC '97, 3. Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle. Hamburg, 19.–21. März 1997, Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Düsseldorf, 1997, S. 719–724

*Ehrminger, B.; Schindler, M.; Hugi, M.; Wollrath, J.; Käbel, H.; Langkutsch, U.*

Application of a 3d-geoscience information system within the performance assessment of the geological barrier above the Morsleben repository, Germany.

In:

Book of Abstracts, Twentyfirst International Symposium on the Scientific Basis for Nuclear Waste Management (MRS '97), Davos, 28 September–3 October 1997, pp. 107–108

*Eilers, G.; Kranz, H.; Seidel, K.; Scheibe, R.; Schulze, E.; Remagen, H. H.*

Evaluation of the applicability of some geophysical techniques for geological repository safeguards in a salt dome.

In:

Proceedings of the XIX ESARDA-Symposium, Montpellier, 13–15 May 1997, pp. 227–235, JRC/EC Ispra

*Eilers, G.; Kranz, H.; Seidel, K.; Scheibe, R.; Schulze, E.; Remagen, H. H.*

Evaluation of the applicability of some geophysical techniques for geological repository safeguards in a salt dome.

BMBF JOPAG-/05.97-PRG-280 (1997), IAEA Task A 14/C197

*Fasten, Ch.*

Ausbildung von Personal auf dem Gebiet des sicheren Transports radioaktiver Stoffe.

In:

*Auf der Maur, A.; Brunner, H.; Wernli, C. (Hrsg.)*  
Verwirklichung sicherer Arbeitsweisen.

29. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Luzern, 15.–18. September 1997, Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln, 1997, S. 87–92

*Fasten, Ch.*

Training of personnel in the field of the radioactive material transport.

In:

International Journal of Radioactive Materials Transport (RAMTRANS), Vol. 8, Nos. 3–4, 1997, pp. 201–204

*Fasten, Ch.; Müller, U.; Collin, F. W.*

Overview about the transport of nuclear and other radioactive material in Germany considering the development of the nuclear industry.

In:

International Journal of Radioactive Materials Transport (RAMTRANS), Vol. 8, Nos. 3–4, 1997, pp. 212–216

*Feinhals, J.; Ham, U.; Kunze, V.; Lehr, F.*

Schritte der Entsorgung und Strahlenexposition.

Strahlenschutz Praxis 3 (1997) 3, S. 6–10

*Feinhals, J.; Kunze, V.*

Abfall- und Dosisminimierung als Schutzziele bei der Entsorgung radioaktiver Stoffe.

In:

*Auf der Maur, A.; Brunner, H.; Wernli, C. (Hrsg.)*  
Verwirklichung sicherer Arbeitsweisen.  
29. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Luzern, 15.–18. September 1997, Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln, 1997, S. 118–123

*Genter, M.; Klemenz, W.; Ludwig, R.; Wollrath, J.*

Simulation of steady state groundwater flow in the Gorleben area, Germany.

In:

Book of Abstracts, Twentyfirst International Symposium on the Scientific Basis for Nuclear Waste Management (MRS '97), Davos, 28 September–3. October 1997, pp. 393–394

*Kaul, A.; Heimlich, F.; Huck, W.; Martignoni, K.; Rimpler, A.*

CASTOR-Transporte: Strahlendosis und Risiko.

In:

Energiewirtschaftliche Tagesfragen 47 (1997) 11, S. 648–654

*Lange, F.; Berg, H. P.; Ehrlich, D.*

Dosisgrenzwerte – Aktivitätsgrenzwerte – Minimierungsgebot.

Diskussion der Vorgehensweise bei den Sicherheitsanalysen für das Endlager Konrad.

In:

*Deutsches Atomforum e. V. (Hrsg.)*  
Jahrestagung Kerntechnik '97, 13.–15. Mai 1997, Aachen, Tagungsbericht, INFORUM Verlags- und Verwaltungsgesellschaft, Bonn, 1997, S. 319–323

*Martens, B.-R.*

Quality assurance and control for radioactive waste packages in Germany.

In:

*Baker, R.; Slate, S.; Benda, G. (Eds.)*  
Proceedings of the Sixth International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation (ICEM '97), Singapore, 12–16 October 1997, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1997, pp. 905–908

*Martens, B.-R.; Filß, P.; Lierse, C.*

Endlagerung radioaktiver Abfälle: Verfahren zur Produktkontrolle.

Strahlenschutz Praxis 3 (1997) 4, S. 37–41

*Martens, B.-R.; Kröger, H.; Westermann, H.-H.*

Abwicklung der Produktkontrolle für Abfälle aus Kernkraftwerken.

Strahlenschutz Praxis 3 (1997) 3, S. 11–13

*Nitsche, F.; Alter, U.*

Transport of low and intermediate level radioactive waste in Germany.

In:

*Post, R. G. (Ed.)*  
WM '97 – HLW, LLW, Mixed Wastes and Environmental Restoration-Working Towards a Cleaner Environment, Proceedings of the Symposium on Waste Management 1997, WM Symposia Inc., Tucson, Arizona (USA), 2–6 March 1997, CD-ROM, paper 11-03

*Nitsche, F.; Collin, F. W.*

Aspects of waste package characterization resulting from transport regulations.

In:

*Baker, R.; Slate, S.; Benda, G. (Eds.)*  
Proceedings of the Sixth International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation (ICEM '97), Singapore, 12–16 October 1997, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1997, pp. 107–111

*Nitsche, F.; Collin, F. W.*

Waste package and shipment aspects in relation to transport and disposal requirements.

In:

International Journal of Radioactive Materials Transport (RAMTRANS), Vol. 8, Nos. 3–4, 1997, pp. 192–198

*Noack, W.; Brennecke, P.; Schenk, R.*

Hydrogen generation in repositories for radioactive waste in deep geological formations.

In:

*Baker, R.; Slate, S.; Benda, G. (Eds.)*  
Proceedings of the Sixth International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation (ICEM '97), Singapore, 12–16 October 1997, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1997, pp. 607–610

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

*Kaul, A.; Röthemeyer, H.*

Investigation and evaluation of the Gorleben site: a status report.

Nuclear Engineering and Design 176 (1997), 83–88

*Wollrath, J.*

Vorhersage des Schadstofftransports in der Umgebung von Endlagern für radioaktive Abfälle.

In:

Festschrift anlässlich des 60. Geburtstags von Prof. Zielke.

Institut für Strömungsmechanik und Elektronisches Rechnen im Bauwesen, Universität Hannover, 1997

*Wollrath, J.; Löw, S.; Ehrminger, B.; Rivera, A.*

Performance assessment of the geological barrier above the Morsleben repository, Germany.

In:

*Baker, R.; Slate, S.; Benda, G. (Eds.)*

Proceedings of the Sixth International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation (ICEM '97), Singapore, 12–16 October 1997, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1997, pp. 617–621

*Wurtinger, W.; Thiel, J.*

Analysen zur Betriebssicherheit des Endlagers Morsleben und ihre Umsetzung in Endlagerungsbedingungen.

In:

*Kontec Gesellschaft für technische Kommunikation mbH (Hrsg.)*

Tagungsband KONTEC '97, 3. Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle. Hamburg, 19.–21. März 1997, Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Düsseldorf, 1997, S. 672–692

## Präsidium

*Beckmerhagen, I.; Berg, H. P.; Dörfelt, R.; Eigenwillig, G. G.*

Klassifizierung von Systemen und Komponenten in kerntechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland.

Jahrestagung Kerntechnik '97, Aachen, 13.–15. Mai 1997

*Beckmerhagen, I.; Berg, H. P.; Dörfelt, R.; Eigenwillig, G. G.*

Grading of QA measures for nuclear power plants and radioactive waste repositories.

ASME/SFEN/JSME International Conference on Nuclear Engineering 1997 (ICONE-5), Nizza, 25.–29. Mai 1997

*Beckmerhagen, I.*

Rahmen und Ziel des BfS-QM-Systems, BGR-Schulung (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) in Wennigsen, 29. April 1997, und Hannover, 11., 12., 15. und 18. September 1997

*Kaul, A.; Dalheimer, A.; König, K.; Noßke, D.*

Strahlenschutz: Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen.

Vortrag: 50 Jahre Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen, Dortmund, 3.–5. Juni 1997

*Kaul, A.*

Dosimetrie in der nuklearmedizinischen Diagnostik und Therapie sowie beim beruflichen Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen.

Freie Universität Berlin, 25. Juni 1997

*Kaul, A.*

IAEA Interregional Post-Graduate Educational Course on Radiation Protection

Internal Dose Assessment: Models of Intake Metabolic Behaviour,

Internal Dose Assessment: Metabolic Models used by ICRP.

BfS/Neuherberg, 23. September 1997

*Kaul, A.; Burkart, W.; Jung, T.; Martignoni, K.; Stephan, G.*

Seventh Coordination Meeting of WHO Collaborating in Radiation Emergency Medical Preparedness and Assistance Network – REMPAN – Long Term Effects of Ionizing Radiation.

Institute of Radiation Protection and Dosimetry (IRD), Rio de Janeiro, Brasilien, 9.–14. Nov. 1997

*Kaul, A.; Bennett, B. G.*

Low Doses of Ionizing Radiation: Biological Effects and Regulatory Control.

Veranstalter: IAEA, WHO; in Zusammenarbeit mit UNSCEAR

Sevilla, Spanien, 17.–21. Nov. 1997

*Rösel, H.*

„Entsorgung der Kernkraftwerke“

Seminar „Energisch in das 21. Jahrhundert“ der Konrad Adenauer Stiftung am 25. September 1997 in Hitzacker

*Sonnek, C.*

Rechtliche Fragen der Altlastenerfassung und -sanierung.

Arbeitstreffen „Beseitigung von Altlasten aus der Stilllegung von Anlagen des Brennstoffkreislaufes“, Kiev, 9.–13. Juni 1997

*Sonnek, C.*

Die Euratom-Grundnormen 1996 für den Strahlenschutz – Auswirkungen auf das deutsche Strahlenschutzrecht.

TÜV Akademie, Seminar 1997 „Neue Entwicklung im Strahlenschutz“, München, 19./20. Juni 1997

## KTA-Geschäftsstelle

*Bath, H.-R.; Hienstorfer, W. G.; Hansch, M.; König, G.*

Stand der wiederkehrenden Prüfung im Regelwerk. 23. MPA-Seminar, Stuttgart, 1. und 2. Oktober 1997

*Kalinowski, I.*

Anwendung des KTA-Regelwerkes für den praktischen Strahlenschutz. Sommerschule Strahlenschutz, Berlin, 11. Juni 1997

*Blume, G.; Hosser, D.; Pradhan, M.*

Vereinfachte brandschutztechnische Bemessung von Bauteilen – Regelung im Rahmen von KTA 2101.2. Braunschweiger Brandschutztag '97, 7. Fachseminar, Brandschutz – Forschung und Praxis, Braunschweig, 1. und 2. Oktober 1997

## Fachbereich Strahlenhygiene Institut für Strahlenhygiene

*Bauer, B.*

Ambulante Radionuklidtherapie, Roundtable-Diskussion.

Jahrestagung der Bayerischen Gesellschaft für Nuklearmedizin, Augsburg, 28. Juni 1997

*Bauer, B.*

Anwendung von radioaktiven Stoffen oder ionisierenden Strahlen einschließlich Röntgenstrahlen am Menschen in der medizinischen Forschung; LPS Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Berlin-Karlshorst, 25. November 1997

*Bauer, B.*

Genehmigungspflicht klinischer Studien in der Strahlentherapie nach § 41 StrlSchV.

6. Interdisziplinäres Symposium: Interdisziplinäre Onkologie – Rothenburg '97, Rothenburg o. d. T., 10.–12. April 1997

*Bauer, B.*

Klinische Anforderungen bei der Aufstellung diagnostischer Referenzwerte.

Fachgespräch des ISH: Aufstellung und Anwendung von diagnostischen Referenzwerten, Neuherberg, 9. April 1997



# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

- Bauer, B.*  
Röntgenverordnung I und II, Erläuterungen für Ärzte.  
Spezialkurs im Strahlenschutz bei der Untersuchung mit Röntgenstrahlen; GSF Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit Oberschleißheim; 27.–29. Januar; 23.–25. Juni; 30. Juni bis 2. Juli; 24.–26. November; 1.–3. und 8.–10. Dezember 1997
- Bäuml, A.*  
Quality Assurance in Diagnostic Radiology.  
IAEA Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Neuherberg, 23. September 1997
- Bäuml, A.*  
TLD-Oberflächen- und Tiefendosismessungen für ein Spiral-CT-Abdomen-Protokoll am anthropomorphen Modell.  
Radiologie-Symposium: Dosis und Bildqualität bei der Spiral-Computertomographie – Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse der DRG-Multicenterstudie, München, Medizinische Klinik, 19. April 1997
- Bayer, A.*  
Definition von Dosen und Festlegung von Dosisgrenzwerten durch die „International Commission on Radiological Protection (ICRP)“ und ihre Vorläufer – ein kurzer historischer Abriss.  
Kurs „Offene radioaktive Stoffe“.  
Forschungszentrum Karlsruhe, 13. Juni 1997
- Bayer, A.*  
Die Überwachung der Umweltradioaktivität – Ein Überblick.  
Ludwig-Maximilians-Universität, München, 20. Februar 1997
- Bayer, A.*  
Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall – eine wesentliche Komponente des Notfallschutzes.  
2. Seminar Notfallschutz, München, 8.–10. Oktober 1997
- Bayer, A.*  
Lageerfassung bei radiologischen Ereignissen mit Hilfe der Melde- und Warndienste.  
BML-Einweisungslehrgang „Im Krisenfall nach ABC-Ereignissen wahrzunehmende Aufgaben im Ernährungs-, Landwirtschafts- und Veterinärbereich“, Sonthofen, 19. September 1997
- Bayer, A.*  
Monitoring of Radioactive Contamination and Radiation Exposure in the Environment in Germany.  
IRPA Regional Symposium „Radiation Protection in Neighbouring Countries of Central Europe“, Prag, 8.–12. September 1997
- Bayer, A.*  
Strahlenschutzvorsorgegesetz; Überwachung der Umweltradioaktivität und Vorsorgemaßnahmen.  
BLE-Informationslehrgang „Strahlenschutz in der Land- und Ernährungswirtschaft“, Neuherberg, 10. April 1997
- Bayer, A.*  
Überwachung der radioaktiven Kontamination und der Strahlenexposition in der Umwelt – Aufgaben, Techniken, Realisierungen.  
Universität Karlsruhe, 23. Oktober 1997
- Bayer, A.*  
Überwachung der radioaktiven Kontamination und der Strahlenexposition in der Umwelt – Aufgaben, Techniken, Realisierungen.  
Kerntechnische Gesellschaft, München, 20. November 1997
- Bayer, A.*  
Überwachung der radioaktiven Kontamination und der Strahlenexposition in der Umwelt – Aufgaben, Techniken, Realisierungen.  
Kurs „Umgebungs- und Umweltüberwachung“, Forschungszentrum Karlsruhe, 1. Dezember 1997
- Bayer, A.*  
Vorlesung: Physikalische Grundlagen von Kerntechnik und Strahlenschutz  
Universität Karlsruhe, Wintersemester 96/97
- Bayer, A.*  
Vorlesung: Strahlenschutz und nuklearer Notfallschutz  
Universität Karlsruhe, Sommersemester 97
- Bayer, A.; Bittner, S.; Korn, H.*  
Off-site Nuclear Emergency Management in Germany Under the Auspices of the Federal Structure.  
IRPA Regional Symposium „Radiation Protection in Neighbouring Countries of Central Europe“, Prag, 8.–12. September 1997
- Bayer, A.; Korn, H.; Bittner, S.; Krüger, F. W.*  
Aus- und Weiterbildung im anlagenexternen nuklearen Notfallschutz; Vorschlag für ein Programm (Curriculum).  
29. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Luzern, 16.–18. September 1997
- Bernhardt, J. H.*  
Biologische Wirkungen nichtionisierender Strahlen.  
25. Internationaler Kongreß für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Düsseldorf, 4.–7. November 1997
- Bernhardt, J. H.*  
Einführung in die Grundlagen der Biophysik und medizinischen Physik: Nichtionisierende Strahlung.  
Vorlesung an der Universität Erlangen-Nürnberg, 25. Februar 1997 und 17. März 1997.
- Bernhardt, J. H.*  
Elektrosmog – Fiktion oder Wirklichkeit.  
Vortrag im Forum im Pressehaus Bonn, 30. September 1997
- Bernhardt, J. H.*  
Established biophysical mechanisms.  
International Seminar on „Biological Effects of static and ELF electric and magnetic fields and related health risks“. Bologna (Italy), 4.–5. Juni 1997
- Bernhardt, J. H.*  
Grenzwerte und Grenzwertfindung – Schutzkonzepte, Sicherheitsfaktoren und Forschungsbedarf.  
2. Euroforum-Fachkonferenz „Elektromagnetische Umweltverträglichkeit“, Düsseldorf, 20.–21. März 1997
- Bernhardt, J. H.*  
Konzepte des Strahlenschutzes von nichtionisierenden Strahlen.  
Vorlesung an der Freien Universität in Berlin, 30. Mai 1997 und 10. Dezember 1997
- Bernhardt, J. H.*  
Mobilfunk: Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder – gesundheitliche Bewertung und Forschungsbedarf.  
Seminarvortrag, Klinik rechts der Isar der Technischen Universität München, 12. Mai 1997
- Bernhardt, J. H.*  
Recent activities of the ICNIRP related to non-ionizing radiation protection.  
The IRPA Regional Symposium on Radiation Protection in Neighbouring Countries of Central Europe, Prag, 8.–12. September 1997
- Bernhardt, J. H.*  
Schutzaspekte nichtionisierender Strahlung.  
Sommerschule Strahlenschutz, Berlin, 9.–13. Juni 1997
- Beyer, D.; Dalheimer, A.; Günther, E. W.; Henrichs, K.*  
Monitoring by excretion analysis: Results of interlaboratory comparisons.  
Workshop on Intakes of Radionuclides, Avignon/Frankreich, 15.–18. September 1997
- Brachner, A.*  
Risikoanalyse des strahlenbedingten Knochenkrebs.  
Kolloquium „Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Strahlenhygiene“, ISH, Neuherberg, 9. Januar 1997
- Brix, J.*  
Biologische Wirkungen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder.  
Fortbildungsveranstaltung im Umweltschutz, Akademie für das öffentliche Gesundheitswesen im Bayerischen Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie, Frauen und Gesundheit, GSF, Neuherberg, 13. März 1997

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

- Brix, J.*  
Aktuelle Forschung in Deutschland.  
SSK-Klausurtagung „Funkanwendungen – Technische Perspektiven, biologische Wirkungen und Schutzmaßnahmen“, Günzburg, 15. Mai 1997
- Brix, J.*  
Niederfrequente und hochfrequente elektromagnetische Felder – Grundlagen und Bewertung. Weiterbildungskurs Umweltmedizin, Sozial- und Arbeitsmedizinische Akademie Baden-Württemberg e. V., Stuttgart, 21. Juni 1997 und 5. Dezember 1997
- Brix, J.*  
Untersuchungen der Wirkungsweise niederfrequenter Magnetfelder auf zellulärer Ebene. ISH-Kolloquium, 6. November 1997
- Brix, J.*  
Niederfrequente und hochfrequente elektromagnetische Felder: physikalische Grundlagen, biologische Wirkungen und Grenzwerte. Kurs Umweltmedizin, Sozial- und Arbeitsmedizinische Akademie Baden-Württemberg e. V., Stuttgart, 8. November 1997
- Burkart, W.*  
Radiation Protection of the Thyroid.  
WHO-Donor Meeting, Helsinki, 11. Februar 1997
- Burkart, W.*  
Radiologische Belastungen durch Plutoniumproduktion in der ehemaligen Sowjetunion: Aussichten zu einer Epidemiologie der Folgen chronischer Strahlenexposition.  
Jahrestagung der Sanitäts-Akademie, 26. Februar 1997
- Burkart, W.*  
The radiological legacy of the former Soviet Union: what to learn?  
Charleston, USA, 4. April 1997
- Burkart, W.*  
Gesundheitliche Belastungen durch die Kernenergienutzung.  
Westf. Wilhelms-Universität Münster, Zentrum für Umweltforschung, 24. Juni 1997
- Burkart, W.*  
Interaction of Ionizing Radiation with Biological Material.  
Neuherberg, IAEA Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, 15. September 1997
- Burkart, W.*  
Basic Radiobiology.  
Neuherberg, IAEA Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, 15. September 1997
- Burkart, W.*  
Strahlenunfälle in der ehemaligen Sowjetunion, Institut für Strahlenschutz.  
Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln, 25. Oktober 1997
- Burkart, W.*  
Negative trends for in utero Chernobyl exposures and early childhood leukemia in Western Germany.  
Low Doses of Ionizing Radiation: Biological Effects and Regulatory Control.  
Internationale Konferenz, Sevilla, Spanien, 17.–21. November 1997
- Burkart, W.*  
Epidemiologie, Risikofaktoren. Wirkung und Bedeutung kleiner Dosen.  
Tagung der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz, Basel, 27. November 97
- Burkart, W.*  
Strahlung im Alltag – Strahlung im Notfall.  
Kantonaler Katastrophenhilfestab, Luzern, Sempach, 4. Dezember 1997
- Burkart, W.; ISH-Mitarbeiter/innen*  
Kolloquium: Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene, LMU München
- Burkart, W.; und andere*  
Vorlesung: Umwelteinwirkungen und Gesundheit, ETH Zürich
- Burkart, W.*  
Vorlesung: Strahlenschutz: Grundlagen der Bewertung ionisierender und nichtionisierender Strahlung, LMU München
- Dalheimer, A.*  
Aktuelle Regelungen zur Inkorporationsüberwachung und die möglichen Auswirkungen der EU-Grundnormen.  
Sitzung des wissenschaftlichen Beirats der Fachbereiche Strahlenhygiene und Strahlenschutz des BfS, München, 21.–22. April 1997
- Dalheimer, A.*  
Das aktuelle Konzept der Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen.  
Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, ISH/BfS, Neuherberg, 19. Juni 1997
- Dalheimer, A.; Neudert, N.*  
Beispiel zur Akkreditierung eines ausscheidungsanalytischen Labors.  
48. Sitzung des FS-Arbeitskreises Inkorporationsüberwachung (AKI), Prag/Tschechische Republik, 2.–3. Juni 1997
- Gilby, D.; Gribi, P.; Noßke, D.*  
Quantifying the Reliability of Calculated Ingestion Dose Coefficients. Workshop „Intakes of Radionuclides; Occupational and Public Exposure“, Avignon, 15.–18. September 1997
- Grosche, B.*  
Fliegendes Personal: Epidemiologischer Kenntnisstand.  
BfS/PTB-Kolloquium, Salzgitter, 9. Dezember 1997
- Grosche, B.*  
Epidemiological studies and issues.  
IAEA Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, 1. September – 24. Oktober 1997
- Grosche, B.*  
Leukaemia clusters in Germany.  
IPSN, Fontenay-aux-Roses, 24. April 1997
- Hornung-Lauxmann, L.*  
„Meßprogramme des IMIS und ihre Erprobung in Übungen für den Ereignisfall“.  
Kolloquium: Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene, BfS-ISH, Neuherberg, 15. Mai 1997
- Hornung-Lauxmann, L.*  
„Konzept zur DV-unterstützten Erfassung und Verwaltung von REI-Daten und ihrer Zusammenführung mit IMIS-Daten“.  
57. Sitzung des Arbeitskreises „Umweltüberwachung“ des Fachverbandes für Strahlenschutz; Karlsruhe, 10. April 1997  
1. Sitzung der REA-Benutzergruppe, BfS-ISH, Neuherberg, 14. Mai 1997
- Jung, T.*  
Cell cycle checkpoints and irradiation response. Topical Day on Biological Effects of Radiation.  
SCK-CEN, Mol, Belgium, May 15, 1997
- Jung, T.*  
Radiologische und chemotoxische Kombinationswirkungen: Sachstand der internationalen Forschung und Forschungsdefizite.  
Wissenschaftlicher Beirat des BfS, Berlin, 4.–5. Dezember 1997.
- Jung, T.*  
Nicht-lineare Dosis-Wirkungs-Beziehungen für karzinogene Effekte im Bereich kleiner Dosen für genotoxische Noxen am Beispiel Arsen.  
ISH-Kolloquium, Neuherberg, 10. April 1997
- Jung, T.; Burkart, W.*  
Wechselwirkungen zwischen Strahlung und chemischen Noxen und ihre Berücksichtigung in der Abschätzung gesundheitlicher Risiken.  
Workshop „Integrierte Bewertung radiologischer und chemisch-toxischer Kontaminanten“ des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung und des Bundesamtes für Strahlenschutz, Dresden, 24. November 1997

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

*Jung, T.; Nürnberger, E.*

Untersuchungen zur relativen biologischen Wirksamkeit von  $\alpha$ -Strahlen an primären menschlichen Zellen.

Radonkolloquium der GSF und des BfS, Neuherberg, 3. Juni 1997

*Jung, T.; Nürnberger, E.*

Untersuchungen zur relativen biologischen Wirksamkeit von Alpha-Strahlen an primären menschlichen Zellen.

Radonkolloquium GSF-Forschungszentrum Neuherberg, 3. Juni 1997

*Kaul, A.; Dalheimer, A.; König, K.; Noßke, D.*

Inkorporationsüberwachung beruflich strahlen-exponierter Personen.

Fachsymposium „50 Jahre Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen“, Dortmund, 3.–5. Juni 1997

*Korn, H.*

Bericht über das 6th Topical Meeting on Emergency Preparedness and Response der American Nuclear Society, April 1997 in San Francisco.

89. Sitzung des Ausschusses „Notfallschutz kerntechnischer Anlagen“ der SSK, Oberschleißheim, 22.–23. Mai 1997

*Korn, H.*

Bericht über den NATO-Workshop on Radiation Monitoring and Preparedness for Nuclear Accidents, Helsinki, 17.–19. September 1997.

91. Sitzung des Ausschusses „Notfallschutz kerntechnischer Anlagen“ der SSK, Bonn, 27. November 1997

*Korn, H.*

Decision support systems: Requirements for measuring systems and quantification of the uncertainties.

Meeting on national radiological emergency planning, Stockholm, 13.–14. Oktober 1997

*Korn, H.*

Der Notfallschutz bei kerntechnischen Anlagen. Sommerschule für Strahlenschutz, Berlin, 9.–13. Juni 1997

*Korn, H.*

Euratom-Strahlenschutz-Grundnormen 1996 und die Novellierung des deutschen Strahlenschutzrechtes (Notfallschutz).

11. Sitzung des AKN des Fachverbandes für Strahlenschutz, Zürich, 10.–12. April 1997

*Korn, H.*

Quelltermbeschreibung und erforderliche Meßinstrumentierung.

11. Sitzung des AKN des Fachverbandes für Strahlenschutz, Zürich, 10.–12. April 1997

*Korn, H.*

Stand der Bearbeitung des Maßnahmenkataloges.

24. Sitzung der AG „Notfallschutz“ der Niederländisch-Deutschen Kommission, Den Haag, 5.–6. Juni 1997

*Korn, H.*

The German legal regulations and recommendations on emergency preparedness.

Meeting on national radiological emergency planning, Stockholm, 13.–14. Oktober 1997

*Korn, H.; Zindler, H.*

System of legal regulations and recommendations on emergency preparedness in the Federal Republic of Germany.

6th Topical Meeting on Emergency Preparedness and Response, San Francisco, 22.–25. April 1997

*Kragh, P.*

Genauigkeitsanforderungen in der Strahlenschutzdosimetrie.

BfS-PTB-Kolloquium, Braunschweig, 30. September 1997

*Kragh, P.*

Personenidentifizierung beim Strahlenschutzregister.

BfS/ISH-Kolloquium: Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene, Neuherberg, 20. November 1997

*Leeb, H.*

Konzept des Strahlungs-Überwachungssystems IRIS als Basis für den Austausch von Umweltdaten zwischen Deutschland und Rußland.

2. internationales wissenschaftlich-technisches Umweltseminar von Gasprom AG und Ruhrgas AG, Nischny-Novgorod, Rußland, 29. Oktober 1997

*Leeb, H.*

Online-Austausch von Radioaktivitätsdaten mit mittel- und osteuropäischen Staaten (IRIS).

Kolloquium des ISH: Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene, Oberschleißheim, 16. Oktober 1997

*Martignoni, K.*

Die relative biologische Wirksamkeit.

Kolloquium „Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Strahlenhygiene“, ISH, Neuherberg, 5. Juni 1997

*Martignoni, K.*

Eine deutsche Uranbergarbeiter-Studie zum Radonrisiko.

Hauptvortrag auf der 61. Physikertagung, München, 21. März 1997

*Martignoni, K.*

Natürliche Strahlenexposition und Strahlenschutzgesetzgebung.

Vorlesung „Ionisierende und nicht-ionisierende Strahlung“, IBE, LMU München-Großhadern, 27. November 1997

*Martignoni, K.*

Relative biologische Strahlenwirkung von Neutronen.

Seminar „Neue Entwicklungen im Strahlenschutz“, TÜV Bayern, München, 19. Juni 1997

*Martignoni, K.*

Risikobetrachtungen.

Spezialkurs für ermächtigte Ärzte, Institut für Strahlenschutz der GSF, Neuherberg, 6. Oktober 1997

*Martignoni, K.*

Stochastische Strahlenschäden.

Spezialkurs im Strahlenschutz in der Therapie, Institut für Strahlenschutz der GSF, Neuherberg, 12. November 1997

*Martignoni, K.*

The concept of radiation detriment.

IAEA Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Neuherberg, 17. September 1997

*Martignoni, K.*

Wie gefährlich ist die ionisierende Strahlung im Bereich niedriger Dosen?

Aufbaukurs Umweltmedizin, Ärztekammer Baden-Württemberg, Klinikum Mannheim, 22. November 1997

*Martignoni, K.*

Wie unterscheidet sich das Detriment vom Strahlenrisiko?

Kolloquium „Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Strahlenhygiene“, ISH, Neuherberg, 27. November 1997

*Martignoni, K. (zusammen mit A. Brachner, B. Grosche, M. Schnelzer, H.-J. Schopka)*

Stand der deutschen Uranbergarbeiterstudie. Radon-Statusgespräch des BMU, Berlin, 21. Oktober 1997

*Matthes, R.*

Die arbeitsmedizinische Bedeutung nichtionisierender Strahlen – Mikrowellen, Magnetfelder, Laser, UV-Strahlung.

B-Kurs für Arbeitsmedizin, Bayerische Akademie für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, München, 2. Juli 1997

*Matthes, R.*

Kritische Würdigung der Grenzwerte und deren internationaler Vergleich.

Seminar des EMC Journals „Was bringt die Elektromog-Verordnung“, Frankfurt, 24. April 1997

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

*Matthes, R.*

Schutz des Menschen vor HF Strahlung – Empfehlungen der ICNIRP.  
SSK-Klausurtagung „Funkanwendungen – Technische Perspektiven, biologische Wirkungen und Schutzmaßnahmen“, Schloß Reinsburg, 15.–16. Mai 1997

*Nalezinski, S.; Rühm, W.; Steiner, M.; Wirth, E.*  
Time-dependent radicaesium transfer factors soil/plant for sugar beet and potato.

XXVIIth annual meeting of ESNA/jointly organised with IUR, Gent, Belgium, 29. August bis 2. September 1997

*Neudert, N.; Dalheimer, A.*

Akkreditierung eines ausscheidungsanalytischen Laboratoriums nach EN 45001.  
FS-Jahrestagung „Verwirklichung sicherer Arbeitsweisen“, Luzern, Schweiz, 16.–18. September 1997

*Niedermayer, M.*

Bestimmung von Tiefenprofilen der kosmogenen Radionuklide Al-26 und Be-10 mittels AMS.  
Seminar ISH/BfS, Neuherberg, 30. April 1997

*Niedermayer, M.*

Kalibrierung einer  $\beta$ -Quelle für die TL-Dosimetrie an Fine Grains aus Ziegelsteinen.  
3. Lumineszenz- und ESR-Datierungs-Kolloquium, Köln, 31. Oktober bis 2. November 1997

*Niedermayer, M.*

Kalibrierung eines Thermolumineszenz-Meßplatzes.  
Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, ISH/BfS, Neuherberg, 4. Dezember 1997

*Nitzschke, J.*

Das deutsche Strahlenschutzregister für beruflich strahlenexponierte Personen.  
BfS/ISH-Kolloquium: Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene, Neuherberg, 6. Februar 1997

*Nitzschke, J.*

Das Strahlenschutzregister.  
Tagung der Strahlenschutzreferenten der Hessischen Umweltverwaltung, Frankfurt am Main, 13. Mai 1997

*Noßke, D.*

Biokinetische und dosimetrische Modelle für Embryo und Foetus bei Aktivitätszufuhr durch die Mutter.  
Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, BfS-ISH-Oberschleißheim, 17. April 1997

*Noßke, D.*

Dosimetric models and calculation of effective doses.  
IAEA Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Oberschleißheim, 25. September 1997

*Noßke, D.*

Development of ICRP Systemic Models.  
Second ERPET Training Course on Assessment from Occupational Intakes of Radionuclides, Mol, 7. Oktober 1997

*Noßke, D.; Rühm, W.; Karcher, K.*

Individual Dose Assessment of Workers.  
Workshop „Intakes of Radionuclides. Occupational and Public Exposure“, Avignon, 15.–18. September 1997

*Oestreicher, U.*

Die Wirkung kleiner Strahlendosen – „Adaptive Response“, „Hormesis“ – ein aktuelles Thema.  
ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, München-Neuherberg, 12. Juni 1997

*Peter, J.*

Entscheidungshilfen der ZdB für radiologische Ereignisfälle.  
Vortrag vor dem Ausschuß „Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ der SSK, Neuherberg, 23. Mai 1997

*Peter, J.*

The German Integrated Measuring and Information System for the Monitoring of Environmental Radioactivity (IMIS).  
Vortrag bei der Slovenian Nuclear Safety Administration, Ljubljana, 1. Dezember 1997

*Pressl, S.; Stephan, G.*

Persistenz von Translokationen in peripheren Lymphozyten von beruflich strahlenexponierten Personen.  
ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen der Strahlenhygiene“, BfS/ISH, Neuherberg, 23. Januar 1997

*Romm, H.*

Mittels Fluoreszenz in situ Hybridisierung analysierte Chromosomenaberrationen in peripheren Lymphozyten von Strahlentherapiepatienten.  
ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen der Strahlenhygiene“, BfS/ISH, Neuherberg, 3. Juni 1997

*Rühm, W.*

The Chernobyl Fallout in Germany – Deposition and the Role of Forest Ecosystems  
Institute for Environmental Sciences, Rokkasho-mura, Aomori, Japan, 31. Juli 1997

*Rühm, W.*

Contamination of Forest Ecosystems after the Chernobyl Accident.  
Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai, Ibaraki, Japan, 22. August 1997

*Rühm, W.*

The Chernobyl Fallout in Germany – Deposition, Time-dependent Body Burden, and the Role of Forest Ecosystems  
National Institute for Radiological Sciences, Chiba, Japan, 27. August 1997

*Sammet, S.*

„Das PC-Programmsystem REA zur IMIS-kompatiblen REI-Datenerfassung und REI-konformen Datenauswertung“.  
1. Sitzung der REA-Benutzergruppe, BfS-ISH, Neuherberg, 14. Mai 1997

*Scheler, R.; Noßke, D.*

Bestimmung der Körperdosis bei interner Strahlenexposition.

*Schindewolf, C.; Jung, T.*

Genetic screen for radiation sensitivity.  
GSF-BfS Workshop: Genetic Susceptibility and Radiation Response, GSF-Forschungszentrum Neuherberg, 7. November 1997

*Schmitt-Hannig, A.*

Consumer Products containing radioactive substances.  
IAEA Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Karlsruhe/Neuherberg/Berlin, 1. September bis 24. Oktober 1997

*Schopka, H.-J.*

Die neuen EURATOM-Grundnormen.  
Vortrag zum Seminar über spezielle Probleme der Medizinischen Physik, TU München, 27. Januar 1997

*Schopka, H.-J.*

Die neuen EU-Grundnormen und ihre praktische Auswirkung.  
Vortrag auf der Jahrestagung der Bayerischen Gesellschaft für Nuklearmedizin, Augsburg, 27.–28. Juni 1997

*Schopka, H.-J.*

Die Bedeutung der EU-Grundnormen und der Patientenrichtlinie für die Medizinische Physik.  
Vortrag auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, Hamburg, 24.–27. September 1997

*Schwarz, E.-R.*

Medizinische Maßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen (Empfehlungen der SSK).  
ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, München-Neuherberg, 16. Januar 1997

*Schwarz, E.-R.*

Radon als Heilmittel?  
Radonkolloquium, GSF-Forschungszentrum Neuherberg, 17. Juni 1997

*Schwarz, E.-R.; Bauer, B.*

Richtlinien Strahlenschutz in der Medizin.  
Sommerschule Strahlenschutz, Berlin, 9.–13. Juni 1997

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

*Stapel, R.*

Standardinformationsbedarf zur Bewältigung eines Ereignisses nach StrVG.

Vortrag vor dem Ausschuß „Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ der SSK, Neuherberg, 22. Mai 1997.

*Stapel, R.*

Integriertes Meß- und Informationssystem (IMIS)/Programmsystem zur Abschätzung radiologischer Konsequenzen (PARK). Bericht über das System PARK.

*Steiner, M.*

Der Transfer von Radionukliden in die Muttermilch.

ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, BfS/ISH, Neuherberg, 20. März 1997

*Steiner, M.*

Radionuclides in natural and semi-natural ecosystems.

Vorlesung im Rahmen des Master of Science-Kurses in Strahlenbiologie, Radioökologie, GSF Neuherberg, 3.–7. März 1997 und 14. März 1997

*Steiner, M.; Wirth, E.*

Die Migration von Radiocäsium in Waldböden: Konsequenzen für die zukünftige radioaktive Belastung von Pilzen und Beerenpflanzen.

2. Workshop „Radiocäsium in Wald und Wild“, 10.–11. Juni 1997, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach

*Steinmetz, M.*

„Messungen der terrestrischen UV-Strahlung in Deutschland.“

Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“ I, Neuherberg, 23. Oktober 1997

*Steinmetz, M.*

„Nichtkohärente optische Strahlung.“

Fortbildungsveranstaltung im Rahmen der 29. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Luzern, Schweiz, 15.–18. September 1997

*Steinmetz, M.*

„Spezielle Anwendungen: UV-Meßnetz.“

Fortbildungstagung des Fachverbandes für Strahlenschutz „Aktuelle Entwicklungen zum Schutz vor nichtkohärenter optischer Strahlung“, Tabarz, Thüringen, 12.–14. Februar 1997

*Steinmetz, M.*

„UV Index and on-line-monitoring – what is a practical unit?“

WMO – WHO – ICNIRP – Meeting of Experts on Standardization of UV Indices and their Dissemination to the Public, Les Diablerets, Schweiz, 21.–24. Juli 1997

*Steinmetz, M.*

„UV-Meßnetz: Unterrichtung der Bevölkerung über die UV-Strahlung in der Bundesrepublik Deutschland und deren Risiko.“

Sitzung des Wissenschaftlichen Beirats der Fachbereiche Strahlenhygiene und Strahlenschutz des BfS, Neuherberg, 21.–22. April 1997

*Steinmetz, M.; Sandmann, H.; Wallasch, M.*

„Solar UV monitoring network in Germany – measurements, data assessment and public information focussing on UV Index“.

WMO – WHO – ICNIRP – Meeting of Experts on Standardization of UV Indices and their Dissemination to the Public, Les Diablerets, Schweiz, 21.–24. Juli 1997

*Stephan, G.*

Bedeutung der Chromosomenanalyse für den praktischen Strahlenschutz.

38. Jahrestagung Vereinigung Deutscher Strahlenschutzärzte „Aktuelle Fragen zu Strahlenschutzregelungen und individueller Strahlenempfindlichkeit“, Münster, 29.–31. Mai 1997

*Stephan, G.*

Bedeutung von Chromosomenaberrationen.

Grundkurs im Strahlenschutz für Ärzte, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg, 18. Februar 97

*Stephan, G.*

Biologische Indikatorsysteme zum Nachweis einer Strahlenexposition.

Forschungszentrum Karlsruhe, 3. Dezember 1997

*Stephan, G.*

Biologische Indikatorsysteme zum Nachweis von Strahlenexpositionen.

Kurs für ermächtigte Ärzte, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg, 2. September 1997

*Stephan, G.*

Chromosome aberration analysis in radiological protection dosimetry – including first experiences with FISH technique.

Institute of Preventive and Clinical Medicine, Bratislava, 9. Dezember 1997

*Stephan, G.*

Chromosomenanalyse nach Einwirkung ionisierender Strahlen.

29. versorgungsmedizinische Fortbildungstagung über Begutachtungsfragen, Dresden, 2.–6. Juni 1997

*Stephan, G.*

Genetische Strahlenwirkung und Risikoabschätzung.

Grundkurs im Strahlenschutz für Ärzte, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg, 21. Januar 1997

*Stephan, G.*

Grenzen und Anwendungsmöglichkeiten der biologischen Dosimetrie.

33. Berlin-Kolloquium, Berlin, 29. Oktober 1997

*Stephan, G.*

Objektivierung von Schädigungen durch ionisierende Strahlen mittels Chromosomenanalyse.

Überregionale Tagung „ärztliche Begutachtung“, Wasserburg, 20.–23. Oktober 1997

*Stephan, G.; Pressl, S.*

Chromosome translocations detected by fluorescence in situ hybridisation (FISH) – A useful tool in population monitoring?

Sixth European Meeting of Environmental Hygiene, 3.–5. Juni 1997

*Stephan, G.; Pressl, S.*

Probleme beim Einsatz der Technik der Fluoreszenz in situ Hybridisierung (FISH) im Populationsmonitoring.

3. Karlsruher Workshop des Robert-Koch-Instituts (RKI) „Qualitätssicherung in der Zytogenetik und Molekulargenetik“, Berlin, 14.–15. Februar 1997

*Thielen, H.; Martens, R.; Schnadt, H.; Maßmeyer, K.; Walter, H.*

Meteorologischer Präprozessor für SODAR-Daten.

Fachtagung METTOOLS<sup>III</sup>, Postervortrag, Universität Freiburg, Freiburg, 10.–12. März 1997

*Thielen, H.; Martens, R.; Schnadt, H.; Maßmeyer, K.; Walter, H.*

Preprocessing of Meteorological Data From Tower or SODAR Measurements for the Turbulence Parameterization within Emergency Response Dispersion Models.

6th Topical Meeting on Emergency Preparedness and Response, San Francisco, CA, USA, Postervortrag, 21.–25. April 1997

*Thieme, M.*

Radiation Protection: Limitations, Regulations and Recommendations – Scientific Views (ICRP, IAEA, FAO, WHO etc.)

IAEA Regional Advanced Training Course on „Determination of Radionuclides in Environmental Samples“, Karlsruhe, 11. Juli 1997

*Veit, R.; Bauer, B.; Bernhardt, J. H.; Lechel, U.*

Establishment of Diagnostic Reference Levels in Germany.

CEC/ISH Training Workshop Reference Doses and Quality in Medical Imaging, Luxembourg, 23.–25. Oktober 1997

*Vogel, E.*

Das EU-Projekt: Possible Health Implications due to Subjective Symptoms and Electromagnetic Fields. – Ein Ergebnisbericht

Kolloquium: Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene, Neuherberg, 26. Juni 97

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

*Vogel, E.*

Die Bewertung der Anwendung nichtionisierender Strahlen in der Medizin in Diagnostik und Therapie.

Sitzung des wissenschaftlichen Beirats, Neuherberg, 21. April 1997

*Vogel, E.*

Elektromagnetische Felder, UV-Strahlung. Amtsarztlehrgang der Akademie für das öffentliche Gesundheitswesen im Bayerischen Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie, Frauen und Gesundheit, Neuherberg, 19. November 1997

*Vogel, E.*

Elektromagnetische Hypersensibilität. Forschungsgemeinschaft Funk, Bonn, 3. April 1997

*Vogel, E.*

Elektromog. Informationsveranstaltung der Öffentlichkeitsarbeit der GSF für Abiturienten, Neuherberg, 4. September 1997

*Vogel, E.*

Elektromog – Was ist das? Im Rahmen der Medizinervorlesung „Umwelthygiene“ der LMU, Klinikum rechts der Isar, München, 24. Juni 1997

*Vogel, E.*

EMF information available to the public – different European concepts and scopes. Internationales Seminar „Risk perception, risk communication and its application to EMF“, Wien, 23. Oktober 1997

*Vogel, E.*

Gesundheitliche Risikobewertung nieder- und hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung. Kurs 2 für den Erwerb der Zusatzbezeichnung Umweltmedizin, GSF Neuherberg, 11. Juni 1997 und 20. Oktober 1997

*Vogel, E.*

Grundlagen für Grenzwerte. Seminar „Elektrosensibilität: Standortbestimmung eines Phänomens“, ETH Zürich, Schweiz, 4. Juli 1997

*Vogel, E.*

Nichtionisierende Strahlung. Im Rahmen des Postgraduierten-Studiengangs Öffentliche Gesundheit und Epidemiologie der LMU, Großhadern-München, 4. Dezember 1997

*Vogel, E.*

Nichtionisierende Strahlung: Bewertung gesundheitlicher Risiken. C-Kurs Arbeitsmedizin, 28. August bis 22. September 1997  
Sozial- und Arbeitsmedizinische Akademie Baden-Württemberg e. V., Ulm, 18. September 1997

*Vogel, E.*

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder-Bewertung gesundheitlicher Risiken sowie: Hochfrequente elektromagnetische Felder-Bewertung gesundheitlicher Risiken. Umweltveranstaltung „Strahlung im Alltag“, GSF, Neuherberg, 13. März 1997

*Walter, H.*

Der Einsatz von SODAR-Geräten bei kerntechnischen Anlagen. Statusbericht zur Nutzung von SODAR-Geräten und zur Bestimmung ausbreitungsrelevanter Parameter. SSK/S 2 Ausschuß „Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“, Bonn, 4. September 1997

*Walter, H.*

Der Einsatz von SODAR-Geräten bei kerntechnischen Anlagen. Statusbericht zur Nutzung von SODAR-Geräten und zur Bestimmung ausbreitungsrelevanter Parameter. SSK/S 4 Ausschuß „Radioökologie“, Bonn, 4. November 1997

*Walter, H.*

Development, Features and Validation of the Meteorological Preprocessor for SODAR Data (MPS). Firma AeroVironment Inc., Monrovia, CA, USA, 28. April 1997

*Walter, H.*

Möglichkeiten des SODAR für den Einsatz bei kerntechnischen Anlagen. AK „Emissionen und Immissionen bei kerntechnischen Anlagen“ des Länderausschusses für Atomkernenergie, Bonn, 29. September 1997

*Walter, H.; Bayer, A.*

Public Exposure from Nuclear Practices. IAEA-Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, München, 1. Oktober 1997

*Walter, H.; Bayer, A.*

Public Exposure from Nuclear Practices; Legislative Basics. IAEA Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Oberschleißheim, 1. Oktober 1997

*Wildermuth, H.*

Anwendung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen. Teil I: Abluft. 10. Sommerschule für Strahlenschutz, FGU-Berlin, 9.–13. Juni 1997

*Wildermuth, H.; Bayer, A.*

Dose Assessment due to Discharges. IAEA-Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, München, 30. September 1997

*Wildermuth, H.; Bayer, A.*

Dose Assessment due to Discharges. IAEA Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Karlsruhe/München/Berlin, 1. September bis 24. Oktober 1997

*Wirth, E.*

Die neuen Anhänge der Richtlinie „Emissions- und Immissionsüberwachung“ (REI). Seminar „Strahlenschutz – wissenschaftliche Grundlagen, rechtliche Regelungen, praktische Anwendungen“, Berlin, 10. Juni 1997

*Wirth, E.*

Fachliche Anforderungen an IMIS. Kolloquium der Außenstelle Berlin des Bundesamtes für Strahlenschutz, 3. September 1997

*Wirth, E.*

Source and Environmental Monitoring. IAEA – Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, München, 30. September 1997

## Nachträge 1996

*Breukelmann, G.; Dalheimer, A.; Dilger, H.; Henrichs, K.*

Incorporation monitoring by measurements of activity concentrations in air. International Conference „Low level measurements of actinides and long-lived radionuclides in biological and environmental samples“, Cherbourg/Frankreich, 9.–13. September 1996

*Dalheimer, A.*

Thermolumineszenzdosimetrie an Umgebungsmaterialien. Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, ISH/BfS, Neuherberg, 23. Mai 1996

*Dalheimer, A.*

Inkorporationsüberwachung. Gemeinsames Kolloquium von BfS und PTB, Braunschweig, 23. September 1996

*Dalheimer, A.*

Akkreditierung eines Laboratoriums nach EN 45001. Arbeitsgruppe Qualitätssicherung des FS-Arbeitskreises Praktischer Strahlenschutz (AKP), München, 21. November 1996

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

---

### Fachbereich Strahlenhygiene Institut für Atmosphärische Radioaktivität

---

*Bieringer, J.*

Meßprogramme und deren Erprobung in Übungen – § 2-Bereich.

3. Statusgespräch IMIS, BfS-IAR, 17. Dezember 1996

*Höbler, Ch.*

Schritte auf dem Weg zu einem europäischen Informationsverbund: IMIS, ECURIE, EURDEP.

3. Statusgespräch IMIS, BfS-IAR, 17. Dezember 1996

*Stöhlker, U.*

Statusbericht zur Migration des ODL-Meßnetzes.

3. Statusgespräch IMIS, BfS-IAR, 17. Dezember 1996

*Weiss, W.*

Conceptual Framework of an off-site Emergency Response Plan.

IAEA Regional Basic Professional Training Course of Radiation Protection, September/October 1997

*Weiss, W.*

IMIS – eine Standortbestimmung.

3. Statusgespräch IMIS, BfS-IAR, 17. Dezember 1996

*Weiss, W.*

Monitoring Strategies.

Computer-Based Training Course on Off-Site Emergency Response to Nuclear Accidents, Karlsruhe, 3.–7. November 1997

*Weiss, W.*

Organisation de Crise en Allemagne.

Congrès National de Radioprotection, Avignon, 18.–20. Juni 1997

*Weiss, W.; Zähringer, M.*

Das globale Radioaktivitätsmeßnetz als Bestandteil des Internationalen Meßsystems zur Verifikation eines umfassenden Kernwaffenteststoppabkommens.

Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, München, 17.–21. März 1997

---

### Fachbereich Strahlenschutz

---

*Barth, A.; Jurk, M.; Weiß, D.*

Concentration and distribution patterns of naturally occurring radionuclides in sediments and flood plain soils of the catchment area of the river Elbe.

Poster: International Conference on Contaminated Sediments, Rotterdam, 7.–11. September 1997

*Beck, T.*

„Optimierung von elektrochemisch geätzten Festkörperspurdetektoren.“

Kolloquien des BfS der Außenstelle Berlin, Februar 1997

*Beyermann, M.*

Bestimmung von Phosphor-32, Eisen-55 und Nickel-63.

FGU-Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 23.–25. Juni 1997

*Buchröder, H.*

Aero-Gammaspektrometrie künstlicher Radionuklide in der Umwelt.

27. Sitzung der Arbeitsgruppe 2 (Notfallschutz) der deutsch-französischen Kommission für Fragen der Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen, Berlin, 12.–13. März 1997

*Bünger, Th.*

Probleme bei der Bestimmung von Strontium-89/90.

Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V. „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 23.–25. Juni 97

*Bünger, Th.*

Bestimmung von Uran und Transuranen mittels Alpha-Spektrometrie.

Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V. „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 23.–25. Juni 97

*Ettenhuber, E.*

Problems of protection against natural sources. IAEA Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Berlin, 15. Oktober 1997

*Ettenhuber, E.*

Intervention situations to protect the public against natural radiation exposure.

IAEA Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Berlin, 16. Oktober 1997

*Ettenhuber, E.*

Modelle im Strahlenschutz unter besonderer Berücksichtigung natürlicher Radionuklide.

Fortbildungsseminare im Strahlenschutz der LPS, Dresden und Berlin, 1997

*Ettenhuber, E.*

Aktuelle Aspekte der Radioökologie.

Strahlenschutz-Seminar II (Fortbildung für leitende Mitarbeiter der Wismut GmbH), Chemnitz, 27. Oktober 1997

*Gehrcke, K.*

State and perspective of the investigation of sites contaminated due to former uranium and traditional mining and milling in Germany.

IRPA Regional Symposium, Prag, 8.–12. September 1997

*Gehrcke, K.; Goldammer, W.*

Optimized reclamation strategies for uranium mining sites in densely populated areas (Part A – Intervention levels).

European ALARA Network Workshop, Saclay, 1.–3. December 1997

*Hamel, P.*

Remediation experience with houses in Saxony and information on the special building style there and typical problems arising from this.

Meeting im Rahmen der Concerted Action „ERRICCA“, London, April 1997

*Hamel, P.*

Radon and remediation – state of the art in Germany.

Meeting im Rahmen der Concerted Action „ERRICCA“, London, April 1997

*Hamel, P.*

Measurements of concentrations of aerosol and dust at workplaces and in connection with special practices in the context with remediation measures in uranium industry enterprises.

European Conference against Radon at Home and at Work, Prag, 2.–5. Juni 1997

*Hamel, P.*

Measurements of aerosol/dust concentrations at workplaces and in connection with special practices in the context with remediation measures in uranium industry enterprises.

Poster: Workshop on Measurements and Metrology of Radon and its Decay Products, Prag, 2.–6. Juni 1997

*Hölzer, F.*

Inkorporation und Dekorporation von Radionukliden.

Spezialkurs für zu ermächtigende Ärzte, LPS, Berlin, 13. März 1997 und 27. November 1997

*Hölzer, F.*

Stoffwechselverhalten von Radionukliden.

Spezialkurs für den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen über dem 105fachen der Freigrenze, LPS, Berlin, 12. November 1997

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

*Kraus, W.; Ettenhuber, E.; Przyborowski, S.*

Basic problems in evaluating radiation exposures from mining residues.

ICEM, Singapur, 13.–17. Oktober 1997

*Kraus, W.*

Ermittlung von Körperdosen und Interpretation von Meßwerten.

LPS-Spezialkurs für zu ermächtigende Ärzte, Berlin, 10. März 1997

*Kraus, W.*

Rechtliche Aspekte des Strahlenschutzes und Umsetzung der neuen EU-Grundnormen – Überblick über Dosisgrößen und -einheiten.

LPS-Fachseminar für Mitarbeiter der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden, Freistaat Sachsen, Dresden, 12. März 1997

*Kraus, W.*

Strahlung, Strahlenrisiko, Strahlenschutz, Fakten und Mythen.

CDU-Kreisparteitag Lüchow-Dannenberg, Lüchow-Dannenberg, 15. April 1997

*Kraus, W.*

Occupational exposure in high natural background situations.

Specialists Meeting on Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance: Implications for the Management of Radioactive Materials, Wien, 6.–9. Mai 1997

*Kraus, W.*

Einführung in die medizinische Physik – Konzepte des Strahlenschutzes vor ionisierenden Strahlen.

Freie Universität Berlin, Berlin, 4. Juni 1997 und 3. Dezember 1997

*Kraus, W.*

Überblick über berufliche und medizinische Strahlenexpositionen und Strahlenexposition der Bevölkerung.

LPS-Seminar, Dresden, 1. Oktober 1997

*Kraus, W.*

External dose assessment.

IAEA Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Berlin, 21. Oktober 1997

*Kraus, W.*

Registration, evaluation and remediation of radiologically relevant residues from uranium mining and milling and other mining activities in East Germany.

1. EURETHOS Seminar, Paris, 7.–8. Oktober 1997

*Maßmeyer, K.; Martens, R.; Thielen, H.; Bendick, R.; Kümmel, M.*

Modellierung der Ausbreitung von Radon aus Flächenquellen in der Umgebung von Uranbergbau- und -aufbereitungsanlagen.

Poster: METTOOLS 3, Freiburg, 10.–12. März 1997

*Mundigl, S.*

Radiological monitoring around power plants. Master of Science Course in Radiation Biology 1996/1997, Universität London und GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg, 7. März 1997

*Mundigl, S.*

Überwachung radioaktiver Emissionen (Luft und Wasser).

Fortbildungsveranstaltung „Umgebungs- und Umweltüberwachung“ im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt, Karlsruhe, 2. Dezember 1997

*Naumann, M.; Hänisch, K.; Hartmann, M.*

Levels of natural radionuclides in human excreta in the Berlin area.

Poster: Workshop on INTAKES OF RADIONUCLIDES, Occupational and Public Exposure, Avignon, France, 15.–18. September 1997

*Obrikat, D.; Rühle, H.*

Anwendung der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen“, Teil II. Abwasser. Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., „Sommer- schule für Strahlenschutz“, Berlin, 9.–13. Juni 1997

*Obrikat, D.*

Interpretation der Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1996 und der Ergebnisse des Ringversuches Abwasser aus Kernkraftwerken (1996).

Vortrag vor den Mitgliedern der AG „Radioaktive Emissionen mit dem Abwasser“ der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW), Frankfurt am Main, 24. April 1997

*Obrikat, D.; Rühle, H.*

Anwendung der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen“. FGU-Seminar Sommerschule für Strahlenschutz 1997, Berlin, 9.–13. Juni 1997

*Obrikat, D.; Rühle, H.*

Nachweis- und Erkennungsgrenzen in der Kernstrahlungsmessung. FGU-Seminar Sommerschule für Strahlenschutz 1997, Berlin, 9.–13. Juni 1997

*Obrikat, D.*

Physikalische Grundlagen zum Nachweis ionisierender Strahlung.

FGU-Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 23.–25. Juni 1997

*Obrikat, D.*

Probleme bei der  $\alpha$ -Spektrometrie und der Flüssigszintillationsspektrometrie.

FGU-Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 23.–25. Juni 1997

*Obrikat, D.*

Probleme bei der  $\gamma$ -Spektrometrie.

FGU-Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 23.–25. Juni 1997

*Obrikat, D.*

Probleme bei der Bestimmung von Tritium und  $\alpha$ -Strahlern.

FGU-Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 23.–25. Juni 1997

*Obrikat, D.*

Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken.

Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 23.–25. Juni 1997

*Przyborowski, S.*

Einschätzung und Bewertung von Strahlenexpositionen bei Tätigkeiten im Bergbau.

Spezialkurs für zu ermächtigende Ärzte der LPS, Berlin, 11. März 1997 und 27. November 1997

*Przyborowski, S.*

Grenzwerte und Empfehlungen.

Sonderkurs Bergbau der LPS, Chemnitz, 7. Oktober 1997

*Przyborowski, S.*

Basic questions of exposure to radon and radon progeny.

IAEA- Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Berlin, 15. Oktober 1997

*Przyborowski, S.*

Übersicht über die neue EU-Grundnorm.

Strahlenschutz-Seminar II der LPS, Chemnitz, 27. Oktober 1997

*Przyborowski, S.*

Probleme gesetzlicher Regelungen (im Rahmen des Themenkomplexes „Strahlenschutz bei natürlicher Strahlung: Berufliche Strahlenexposition, insbesondere durch Radon“).

33. Berlin-Kolloquium, Berlin, 29./31. Oktober 1997

*Przyborowski, S.*

Probleme bei der Umsetzung der EURATOM-Grundnormen auf dem Gebiet des Strahlenschutzes bei natürlichen Quellen.

Sitzung des Wissenschaftlichen Beirates des BfS, Berlin, 4./5. Dezember 1997



# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Schwedt, J.; Ullmann, W.

Berufliche Strahlenexposition durch Inhalation von Radon-222 und Radon-222-Zerfallsprodukten.

33. Berlin-Kolloquium, Berlin, 29./31. Oktober 1997

Schwedt, J.; Ullmann, W.

Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen bei Expositionen durch Radon-Zerfallsprodukte.

Sitzung des Wissenschaftlichen Beirates der Fachbereiche Strahlenhygiene und Strahlenschutz des BfS, Berlin 4./5. Dezember 1997

Rimpler, A.

Grundlagen der Neutronendosimetrie und aktuelle Probleme.

Behördenseminar der LPS, Berlin, 23. Juni 1997

Rimpler, A.

Neutronenexposition an Transport- und Lagerbehältern für abgebrannten Kernbrennstoff.

BfS/PTB-Kolloquium, Braunschweig, 24. Juni 1997

Rimpler, A.

Strahlenexposition bei Transport und Lagerung von abgebranntem Kernbrennstoff.

Sitzung des Ausschusses „Strahlenschutztechnik“ der SSK, Chemnitz, 17. September 1997

Rimpler, A.

Strahlenexposition bei CASTOR-Transporten.

ISH/GSF-Kolloquium, Neuherberg, 21. Oktober 1997

Rühle, H.

Radongehalt des Trinkwassers in der Bundesrepublik und die damit verbundene Strahlenexposition.

ESWE-Institut für Wasserforschung und Technologie GmbH, Wiesbaden, 18. Februar 1997

Rühle, H.

Meßprogramme und Meßvorschriften.

Workshop „Radon in Luft und Wasser“, Forschungszentrum Karlsruhe, Technik und Umwelt, Karlsruhe, 16.–18. Juni 1997

Rühle, H.

Nachweis- und Erkennungsgrenzen bei Kernstrahlungsmessungen.

Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., „Sommer- schule für Strahlenschutz“, Berlin, 9.–13. Juni 1997

Rühle, H.

Abwasserüberwachung nach KTA 1504.

Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 23.–25. Juni 1997

Rühle, H.

Nachweisgrenzen bei Radioaktivitätsmessungen.

Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 23.–25. Juni 1997

Rühle, H.

Laborinterne und laborexterne Qualitätskontrolle.

Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 23.–25. Juni 1997

Rühle, H.

Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen.

Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 23.–25. Juni 1997

Rühle, H.

Stand der Untersuchungen zum Radongehalt des Trinkwassers in der Bundesrepublik Deutschland.

10. Statusgespräch zur Forschung im Problemkreis „Radon“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin, 21./22. Oktober 1997

Rühle, H.

Natürliche und künstliche Strahlenexposition. Vorlesung im Rahmen der Lehrveranstaltung „Einführung in die medizinische Physik“, Fachbereich Medizinische Grundlagenfächer, Freie Universität Berlin, 12. Dezember 1997

Rühle, H.

Natürliche Radionuklide einschließlich Radon in Trinkwasser.

Sitzung des Wissenschaftlichen Beirates des BfS, Berlin, 4./5. Dezember 1997

Schkade, U.-K.

Gammaspektrometrische Bestimmung natürlicher Radionuklide.

Berlin-Kolloquium des BfS der Außenstelle Berlin, 15. Dezember 1997

Ullmann, W.

Messung von Radon und Radonzerfallsprodukten.

Ausbildung von Strahlenschutzfachkräften, LPS, Berlin 1997

Ullmann, W.; Schmidt, V.

Measurements of Radon and Radon Progeny. IAEA-Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Berlin, Oktober 1997

Ullmann, W.

Messung von Radon und Radon-Zerfallsprodukten.

Sitzung des Wissenschaftlichen Beirates des BfS, Berlin, 4./5. Dezember 1997

Vogl, K.

Probeentnahme für die Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei Kernkraftwerken.

Unterausschuß Strahlenschutz des KTA, München, 2. Oktober 1997

Vogl, K.

Untersuchungen zu Partikelverlusten in Probeentnahmesystemen.

Kolloquium des BfS der Außenstelle Berlin, Berlin, 17. November 1997

Winkelmann, I.

Internationale Vergleichsmessungen mit Hub- schraubern: Strahlungsmessungen aus der Luft, Aufgaben, Ergebnisse.

BfS/PTB-Kolloquium, Braunschweig, 18. Februar 1997

Winkelmann, I.; Thomas, M.

International aerial measuring campaign in Finland 1995 – measurement results of the German Team.

IRPA Regional Symposium, Prag, 8.–12. September 1997

Winkelmann, I.; Naumann, M.; Schkade, U.-K.

Quality assurance in environmental measurements.

IRPA Regional Symposium, Prag, 8.–12. September 1997

Winkelmann, I.

Measurements of natural radionuclides in samples.

IAEA-Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection Berlin-Karls- horst, 22.–24. Oktober 1997

Winkelmann, I.

Surveillance of radioactive discharges from nuclear facilities.

IAEA-Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Berlin-Karls- horst, 22.–24. Oktober 1997

Winkelmann, I.

In situ gamma spectrometry and aerogamma spectrometry.

IAEA-Regional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Berlin-Karls- horst, 22.–24. Oktober 1997

Winkelmann, I.

Strahlungsmessung aus der Luft – Aufgabe, Möglichkeiten, Ergebnisse von Messungen.

Kolloquium, Institut für Strahlenhygiene, Neu- herberg, 9. Oktober 1997

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Winkelmann, L.; Naumann, M.; Schkade, U.-K.  
Quality assurance in environmental measurements.  
Poster: IRPA-RS-Prag, 8.–12. September 1997

### Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Bath, H.-R.; Hienstorfer, W. G.; Hansch, M.; König, G.  
Stand der wiederkehrenden Prüfung im Regelwerk.  
23. MPA-Seminar, Stuttgart, 1.–2. Oktober 1997

Becker, D. E.  
Radiation exposure at work places caused by natural radionuclides.  
The Second Regional Mediterranean Congress on Radiation Protection, Tel-Aviv, Israel, 16.–20. November 1997

Becker, D. E.; Bentele, W.; Walter, K.-H.  
Preventive radiation protection in German nuclear power plants.  
IRPA Regional Symposium on Radiation Protection in Neighbouring Countries of Central Europe, Prag, 8.–12. September 1997

Becker, D. E.  
Hauptreferat: Praktischer Strahlenschutz im Fachverband für Strahlenschutz.  
29. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Luzern, 15.–18. September 1997

Berg, H. P.; Röwekamp, M.  
Experience from German reliability data for fire protection measures in NPPs with regard to probabilistic fire safety analyses.  
Fire & Safety '97, Fire Protection and Prevention in Nuclear Facilities, London, 24. Februar 1997

Berg, H. P.; Hoffmann, H. H.; Röwekamp, M.  
Current status of quantitative fire risk assessment in German nuclear power plants.  
ASME/SFEN/JSME International Conference on Nuclear Engineering (ICONE-5), Nizza, 28. Mai 1997

Berg, H. P.; Weil, L.  
Safety features of future LWR in Germany – regulatory view.  
International Topical Meeting on Advanced Reactors Safety, ARS '97, Orlando, Florida, 3. Juni 1997

Berg, H. P.; Kafka, P.  
Developments and practice towards risk based regulations in various technologies.  
ESREL '97 Conference: Advances in Safety and Reliability, Lissabon, 17. Juni 1997

Berg, H. P.; Fröhmel, T.; Görtz, R.  
Status & development of a German regulatory PSA guideline.  
International Conference on the Commercial & Operational Benefits of Probabilistic Safety Assessments, Edinburgh, 7. Oktober 1997

Berg, H. P.; Röwekamp, M.  
German data for risk based fire safety assessment.  
Symposium on Upgrading the Fire Safety of Operating Nuclear Power Plants, IAEA, Wien, 19. November 1997

Berg, H. P.  
Fire safety regulations and licensing – key issues.  
Symposium on Upgrading the Fire Safety of Operating Nuclear Power Plants, IAEA, Wien, 19. November 1997

Blume, G.; Hossler, D.; Pradhan, M.  
Vereinfachte brandschutztechnische Bemessung von Bauteilen – Regelung im Rahmen von KTA 2101.2.  
Braunschweiger Brandschutztag '97, 7. Fachseminar, Brandschutz – Forschung und Praxis, Braunschweig, 1.–2. Oktober 1997

Gelfort, E.  
Die Kernkraftwerke in den Europäischen Ost-Staaten und der Russischen Föderation – Stand der Sicherheit und Nachrüstungsmaßnahmen –  
Jahrestagung Kerntechnik 1997, Aachen, 13.–15. Mai 1997  
Tagungsbericht S. 263

Gelfort, E.  
Umwelt – Toxikologische Relevanz radioaktiver Stoffe.  
Postgradualstudium Toxikologie; Universität Leipzig, Fakultät für Chemie, Leipzig, 9. Dezember 1997

Gelfort, E.  
Entwicklung der Kernkraftwerke der 3. Generation.  
Kolloquium RWTH Aachen, Fachbereich Maschinenbau-Reaktorsicherheit, Aachen, 18. Februar 1997

Hoffmann, H.; Skoff, G.; Berg, H. P.  
Probabilistic safety analysis of external events in German nuclear power plants.  
14th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 14), Lyon, 19. August 1997

Hoffmann, H.; Berg, H. P.  
Fire probabilistic safety assessment – method outlined in the German PSA guideline and its application in German nuclear power plants.  
14th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT-14), Post-Conference-Seminar No. 6 – Fire Safety in Nuclear Power Plants and Installations –, Lyon, 25. August 1997

Kalinowski, I.  
Anwendung des KTA-Regelwerkes für den praktischen Strahlenschutz.  
Sommerschule Strahlenschutz, Berlin, 11. Juni 1997.

Koschel, P.  
Suche und Identifikation radioaktiver Stoffe.  
Vierte wissenschaftliche Informationsveranstaltung zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr, Salzgitter, 4.–5. März 1997

Koschel, P.  
Unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtungen mit radioaktiver Füllung aus Ermittlersicht.  
26. Arbeitstagung des Bundeskriminalamtes Wiesbaden für Sprengstoffermittlungsbeamte, Hannover, 21.–25. April 1997

Mertens, J.-D.  
Gefährdung durch radioaktive Stoffe in Verbindung mit USBV.  
Vierte wissenschaftliche Informationsveranstaltung zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr, Salzgitter, 4.–5. März 1997

Mertens, J.-D.  
Grundlagen Strahlenphysik. Umgang mit radioaktiven Stoffen. Grundsätze und Maßnahmen des Strahlenschutzes.  
Bundeskriminalamt, Seminar „Meßtechnik radioaktiver Quellen und Strahlenschutz“, Wiesbaden 24.–25. November 1997, Wiesbaden 8.–9. Dezember 1997

Mertens, J.-D.  
Grundlagen Strahlenphysik. Umgang mit radioaktiven Stoffen. Grundsätze und Maßnahmen des Strahlenschutzes. USBV mit radioaktiven Stoffen.  
Bundeskriminalamt, 5. Fortbildungslehrgang „Sprengstoffermittlung – D4“, Bad-Neuenahr-Ahrweiler, 19. November 1997

Mertens, J.-D.  
Umgang mit radioaktiven Stoffen. Grundsätze und Maßnahmen des Strahlenschutzes. USBV mit radioaktiven Stoffen.  
Bundeskriminalamt, Aufbaulehrgang „Umweltkriminalität – Ionisierende Strahlung“, Wiesbaden, 10. Oktober 1997

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

*Mertens, J.-D.*

Grundlagen Strahlenphysik. Umgang mit radioaktiven Stoffen. Grundsätze und Maßnahmen des Strahlenschutzes. Strahlenmeßgeräte und ihre Anwendungsmöglichkeiten.

Bundeskriminalamt, Seminar „Meßtechnik radioaktiver Quellen und Strahlenschutz“, Wiesbaden, 24.–25. März 1997

*Reiner, M.*

Meldepflichtige Ereignisse in kerntechnischen Anlagen der Bundesrepublik Deutschland 1996.

EU-Projekt: Transfer of Western European Regulatory Methodology and Practices to the Nuclear Safety Authorities of Russia (TACIS), Workshop, Köln, 28. Mai 1997

*Schott, H.; Götz, K.; Berg, H. P.*

Qualifizierung von Rechenhilfsmitteln für die probabilistische Sicherheitsanalyse.

Jahrestagung Kerntechnik '97, Aachen, 15. Mai 1997

*Schott, H.; Berg, H. P.; Görtz, R.*

Process in the probabilistic safety assessment for nuclear power plants.

Annual Meeting of the Society for Risk Analysis Europe „New Risk Frontiers“, Stockholm, 16. Juni 1997

*Skoff, G.; Hoffmann, H. H.; Oehmgens, T.; Berg, H. P.*

Probabilistische Sicherheitsanalyse für das Ereignis „Externe Überflutung“.

Jahrestagung Kerntechnik '97, Aachen, 15. Mai 1997

*Weil, L., Klönk, H.*

Der Leitfaden Stilllegung – Eine Erleichterung für die Praxis?

3. Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“ (KONTEC '97), Hamburg, 19.–21. März 1997

*Willuhn, K.*

Röntgendurchstrahlung einer USBV bei Anwesenheit von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen.

Vierte wissenschaftliche Informationsveranstaltung zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr, Salzgitter, 4.–5. März 1997

### Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

*Berg, H. P.; Brennecke, P.; Görtz, R.*

Recycling and waste management related to decommissioning: German experiences and concepts.

WM '97– Symposium on Waste Management 1997, Tucson, Arizona (USA), 2–6 March 1997

*Brennecke, P.*

Aufbau und Struktur von Endlagerungsbedingungen.

8. Kurs über Radioaktive Reststoffe und Abfälle, Karlsruhe, 9.–13. Juni 1997

*Brennecke, P.*

Decommissioning and restoration activities in Saxony and Thuringia, Germany.

Workshop How Clean Is Clean?, Tucson, Arizona (USA), 2 March 1997

*Brennecke, P.*

Die Aufgaben des Bundes bei der Endlagerung radioaktiven Abfalls.

TÜV EC – Kolloquium 1997: Radioaktiver Abfall – Seine Behandlung als länderübergreifende Aufgabe, Hannover, 24.–25. November 1997

*Brennecke, P.*

German radioactive waste disposal programme – status and current considerations.

US/German Technical Information Exchange on Radioactive Waste Disposal, Albuquerque, 27 February 1997

*Brennecke, P.*

LLW/ILW disposal in the Morsleben repository.

WM '97– Symposium on Waste Management 1997, Tucson, Arizona (USA), 2–6 March 1997

*Brennecke, P.*

Waste acceptance requirements.

RADWAP '97– Third International Seminar on Radioactive Waste Products, Würzburg, 23.–26. June 1997

*Brennecke, P.*

Waste management.

IAEA Interregional Basic Professional Training Course on Radiation Protection, Karlsruhe/Neuherberg/Berlin, 1. September bis 24. Oktober 1997

*Brennecke, P.; Arens, G.; Hollmann, A.*

German approach to alpha bearing waste disposal.

WM '97– Symposium on Waste Management 1997, Tucson, Arizona (USA), 2.–6. March 1997

*Brennecke, P.; Giller, H.; Steyer, S.*

Endlager Morsleben: Abfall- und freisetzungsspezifische Aspekte, Teil I: Radioaktive Abfälle, Endlagerungsbedingungen und Produktkontrolle.

KONTEC '97– 3. Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, Hamburg, 19.–21. März 1997

*Brennecke, P.; Illi, H.*

Endlagerung von Brennelementen und sonstigen wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen im Salz.

Herbstsitzung des Arbeitskreises Energie (AKE) der DPG, Bad Honnef, 16.–17. Oktober 1997

*Brennecke, P.; Siemann, M.*

R&D in support of the Gorleben repository project.

WM '97– Symposium on Waste Management 1997, Tucson, Arizona (USA), 2.–6. March 1997

*Ehrlich, D.; Kunze, V.; Ibach, T. M.*

Endlager Morsleben: Abfall- und freisetzungsspezifische Aspekte, Teil II: Freisetzung und Nachweis von Tritium im Endlager Morsleben (ERAM).

KONTEC '97, 3. Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, Hamburg, 19.–21. März 1997

*Ehrminger, B.; Schindler, M.; Hugli, M.; Wollrath, J.; Käbel, H.; Langkutsch, U.*

Application of a 3d-geoscience information system within the performance assessment of the geological barrier above the Morsleben repository, Germany.

Twentyfirst International Symposium on the Scientific Basis for Nuclear Waste Management (MRS '97), Davos, 28. September–3. October 1997

*Eilers, G.; Hänig, D.*

Auswertung von Schweremessungen im Gebiet Dömitz – Lenzen.

57. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG), Potsdam, 3.–7. März 1997

*Fasten, Ch.*

Ausbildung von Personal auf dem Gebiet des sicheren Transports radioaktiver Stoffe.

29. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Luzern, 15.–18. September 1997

*Fasten, Ch.*

Behördliche Genehmigungsverfahren.

Strahlenschutzlehrgang für Verantwortliche für den Transport radioaktiver Stoffe, Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz, Berlin, 10.–13. November 1997

*Fasten, Ch.*

Modal requirements on rail, road and inland waterways; Low dispersible material in the new IAEA-Transport Regulations; Radiation protection and exemptions in the new IAEA-Transport Regulations; Structure and functions of the competent authority in Germany; National emergency preparedness programmes and experience.

IAEA-USA Interregional Training Course „Safe Transport of Radioactive Material“, Argonne, Illinois/USA, 7–25 July 1997

*Fasten, Ch.*

Nationale und internationale Vorschriften zum Transport radioaktiver Stoffe; Genehmigungsverfahren nach § 4 Atomgesetz.

Forschungszentrum Karlsruhe, Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt, 14.–16. April 1997

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

### Fasten, Ch.

Training of personnel in the field of the radioactive material transport.

Fourth International Conference on Transportation for the Nuclear Industry, Bournemouth, UK, 13.–15. May 1997

### Fasten, Ch.; Müller, U.; Collin, F. W.

Overview about the transport of nuclear and other radioactive material in Germany considering the development of the nuclear industry. Fourth International Conference on Transportation for the Nuclear Industry, Bournemouth, UK, 13.–15. May 1997

### Feinhals, J.; Kunze, V.

Abfall- und Dosisminimierung als Schutzziele bei der Entsorgung radioaktiver Stoffe.

29. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Luzern, 15.–18. September 1997

### Gmal, B.; Heinicke, W.; Heimlich, F.; Scheib, H.

Dry interim storage of spent nuclear fuel elements in Germany.

OECD/NEA Topical Meeting on the Safety of the Nuclear Fuel Cycle – Intermediate Storage, Newby Bridge, Cumbria, UK, 28–30 October 1997

### Illl, H.

Einschätzung von Möglichkeiten und Risiken der Entsorgung nuklearer Abfälle.

Tagung „Darf die Mehrheit, was sie will? Der Konflikt um die CASTOR-Transporte“ der Bischöflichen Akademie des Bistums Aachen und des Evangelischen Erwachsenenbildungswerkes im Kirchenkreis Aachen, Aachen, 7.–9. November 1997

### Kunze, V.

Safety related aspects for the operational phase of LAW repositories in Germany.

INMM-ENRESA Low Level Radioactive Waste Technical Seminar, Cordoba, 8.–10. October 1997

### Lange, F.; Berg, H. P.; Ehrlich, D.

Dosisgrenzwerte – Aktivitätsgrenzwerte – Minimierungsgebot.

Diskussion der Vorgehensweise bei den Sicherheitsanalysen für das Endlager Konrad. Jahrestagung Kerntechnik '97, Aachen, 13.–15. Mai 1997

### Martens, B.-R.

Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland.

Workshop: Implementation of Quality Assurance Program and Certification of Radionuclide Sources and Installations, Köln, 21.–25. Oktober 1996 (im Rahmen des TACIS-Programms)

### Martens, B.-R.

Produktkontrolle radioaktiver Abfälle für das Endlager Morsleben – Änderungen und Ergänzungen mit Stand Dezember 1996.

Informationsveranstaltung für Aufsichtsbehörden der Länder und Ministerien des Bundes, Braunschweig, 18. Februar 1997

### Martens, B.-R.

Produktkontrolle radioaktiver Abfälle für das Endlager Morsleben – Änderungen und Ergänzungen mit Stand Dezember 1996.

Informationsveranstaltung für Abfallverursacher, Konditionierer, Landessammelstellen und Sonstige, Braunschweig, 26. Februar 1997

### Martens, B.-R.

Qualitäts-Nachweisführung bei der Erfassung und Überwachung sonstiger radioaktiver Stoffe. Workshop: Implementation of Quality Assurance Program and Certification of Radionuclide Sources and Installations, Köln, 21.–25. Oktober 1996 (im Rahmen des TACIS-Programms)

### Martens, B.-R.

Quality Assurance for radioactive waste packages to be disposed in Germany.

Third International Seminar on Radioactive Waste Products, Würzburg, 23.–26. June 1997

### Martens, B.-R.

Radioactive waste management situation in Germany.

Erstes Treffen des Radioactive Waste Technology Advisory Committee (WATAC) der IAEA, Wien, 28.–29. Oktober 1996.

### Martens, B.-R.

Radioactive waste management situation in Germany.

Zweites Treffen des Radioactive Waste Technology Advisory Committee (WATAC) der IAEA, Wien, 3.–5. November 1997

### Martens, B.-R.

Radioaktive Reststoffe und Abfälle – Produktkontrolle –.

7. Kurs über radioaktive Reststoffe und Abfälle, Karlsruhe, 10.–14. Juni 1996

### Martens, B.-R.

Radioaktive Reststoffe und Abfälle – Produktkontrolle –.

8. Kurs über radioaktive Reststoffe und Abfälle, Karlsruhe, 9.–13. Juni 1997

### Martens, B.-R.

(presented by Noack, W.)

Quality assurance and control for radioactive waste packages in Germany.

Sixth International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation (ICEM '97), Singapore, 12.–16. October 1997

### Nies, A.; Bogorinski, P.; Storck, R.; Wollrath, J.

Report to PAAG of the German Delegation.

Thirteenth Meeting of the OECD/NEA Performance Assessment Advisory Group (PAAG), 24.–26. September 1997

### Nitsche, F.

Transport of low and intermediate level radioactive waste in Germany.

WM '97– Symposium on Waste Management 1997, Tucson, Arizona (USA), 2.–6. March 1997

### Nitsche, F.

Waste package and shipment aspects in relation to transport and disposal requirements.

Fourth International Conference on Transportation for the Nuclear Industry, Bournemouth, UK, 13.–15. May 1997

### Nitsche, F.; Collin, F. W.

(presented by Noack, W.)

Aspects of waste package characterisation resulting from transport regulations.

Sixth International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation (ICEM '97), Singapore, 12.–16. October 1997

### Noack, W.; Brennecke, P.

Entsorgung radioaktiver Abfälle.

Fachseminar Strahlenschutz für Mitarbeiter der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde des Freistaates Sachsen, Dresden, 12.–13. März 1997

### Noack, W.; Brennecke, P.; Schenk, R.

Hydrogen generation in repositories for radioactive waste in deep geological formations.

Sixth International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation (ICEM '97), Singapore, 12.–16. October 1997

### Röthemeyer, H.

Die Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente aus dem Betrieb und der Stilllegung von Kernkraftwerken.

Institutskolloquium des Max-Planck-Institutes für Plasmaphysik, Garching bei München, 12. Dezember 1997

### Röthemeyer, H.

Die langfristig sichere Deponie anthropogener Abfälle – Möglichkeiten der Realisierung.

Seminarveranstaltung Nukleare Entsorgungskonzepte, Forum Clausthal, Technische Universität Clausthal, 23. Juni 1997

### Schelkes, K.; Klinge, H.; Wollrath, J.

Aspects of use and importance of hydrochemical data for groundwater flow modelling at radioactive waste disposal sites in Germany.

OECD/NEA SEDE Workshop Use of Hydrogeochemical Information in Testing Groundwater Flow Models, Borgholm/Sweden, 1–3 September 1997

## Das Bundesamt für Strahlenschutz

### Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

---

Wollrath, J.; Hadermann, J.; Pescatore, C.  
Report from second GEOTRAP Workshop, Paris, 9–11 June 1997.  
Thirteenth Meeting of the OECD/NEA Performance Assessment Advisory Group (PAAG), Paris, 24–26 September 1997

Wollrath, J.; Löw, S.; Ehrminger, B.; Rivera, A.  
(presented by Noack, W.)  
Performance assessment of the geological barrier above the Morsleben repository, Germany. Sixth International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation (ICEM '97), Singapore, 12.–16. October 1997

Wurtinger, W.; Thiel, J.  
Analysen zur Betriebssicherheit des Endlagers Morsleben und ihre Umsetzung in Endlagerungsbedingungen.  
KONTEC '97, 3. Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, Hamburg, 19.–21. März 1997

Vakatseite

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Abkürzungen

<b>AAPM</b> American Association of Physicists in Medicine	<b>AtVfV</b> Atomrechtliche Verfahrensverordnung	<b>BMF</b> Bundesministerium der Finanzen
<b>ABG</b> Allgemeine Berechnungsgrundlage	<b>AVK</b> Versuchsatomkraftwerk Jülich	<b>BMBF</b> Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie
<b>ACNW</b> Advisory Committee on Nuclear Waste	<b>AVR</b> Atomversuchsreaktor	<b>BMN</b> Bundesmeßnetze
<b>ACRS</b> Advisory Committee on Reactor Safeguards	<b>AVV</b> Allgemeine Verwaltungsvorschrift	<b>BMU</b> Bundesministerium (oder Bundesministerin) für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
<b>ACSS</b> Advisory Commission on Safety Standards	<b>AWS</b> Anwendersoftware	<b>BMVg</b> Bundesministerium der Verteidigung
<b>AG</b> Arbeitsgruppe	<b>BAM</b> Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (Berlin)	<b>BMWi</b> Bundesministerium für Wirtschaft
<b>AIDN</b> Association Internationale de Droit Nucléaire	<b>BanM</b> Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel	<b>BNFL</b> British Nuclear Fuel Ltd. (Risley, Warrington, UK)
<b>AKI</b> Arbeitskreis Inkorporationsüberwachung des Fachverbands für Strahlenschutz	<b>BAU</b> Bundesanstalt für Arbeitsschutz	<b>BSH</b> Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (Hamburg)
<b>AKN</b> Arbeitskreis Notfallschutz	<b>BayStMLU</b> Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen	<b>BSI</b> Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
<b>ALARA</b> As low as reasonably achievable (so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar)	<b>BBergG</b> Bundesberggesetz	<b>BSS</b> Bonner-Spektrometer
<b>ALF</b> Auslieferung in die Fläche (= Auslieferung der IMIS-Systeme an die Länderbehörden)	<b>BEZ</b> Brennelemente-Zwischenlager	<b>BStMLU</b> Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
<b>ALI</b> Annual limit of intake	<b>BfArM</b> Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte	<b>BZA</b> Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH
<b>AM</b> Accident Management	<b>BfD</b> Bundesbeauftragter für Datenschutz	<b>BZS</b> Bundesamt für Zivilschutz (Bonn)
<b>AMG</b> Arzneimittelgesetz	<b>BfE</b> Bundesforschungsanstalt für Ernährung (Karlsruhe)	<b>CAEA</b> Chinese Atomic Energy Authority
<b>ANDRA</b> Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs	<b>BfF</b> Bundesforschungsanstalt für Fischerei (Hamburg)	<b>CDG</b> Carriage of Dangerous Goods
<b>ANF</b> (Firma) Advanced Nuclear Fuels GmbH	<b>BfG</b> Bundesanstalt für Gewässerkunde (Koblenz)	<b>CEA</b> Commissariat à l'Énergie Atomique (Paris)
<b>ANSI</b> American National Standard Institute	<b>BfS</b> Bundesamt für Strahlenschutz (Salzgitter)	<b>CEC</b> Kommission der Europäischen Gemeinschaften
<b>APC</b> Arbeitsplatzcomputer	<b>BGR</b> Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	<b>CENELEC</b> Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung (Brüssel)
<b>ASME</b> American Society of Mechanical Engineers	<b>BLG</b> Brennelementelager Gorleben GmbH	<b>CIE</b> Commission International de Eléclairage
<b>ASSET</b> Assessment of Safety-Significant Events Team	<b>BMBau</b> Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau	<b>CIEG</b> Contract Implementation and Evaluation Group
<b>AtG</b> Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz)	<b>BMI</b> Bundesministerium des Innern	<b>CL</b> Chemolumineszenz
<b>AtRAV</b> Atomrechtliche Reststoff- und Abfallverordnung	<b>BMA</b> Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung	<b>CM</b> Consultants Meeting

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Abkürzungen

<b>CNRA</b> Committee on Nuclear Regulatory Activities	<b>DOE</b> Department of Energy	<b>EWN</b> Energiewerke Nord GmbH
<b>COGEMA</b> Compagnie Générale des Matières Nucléaires (Betreiberin der französischen Wiederaufarbeitungsanlage)	<b>DREF</b> Dosisraten-Effektivitätsfaktor	<b>FAO</b> Food and Agriculture Organization of the United Nations
<b>CRPPH</b> Committee on Radiation Protection and Public Health	<b>DSK</b> Deutsch-Schweizer Kommission für die Sicherheit Kerntechnischer Einrichtungen	<b>FCKW</b> Fluorchlorkohlenwasserstoff(e)
<b>CSNI</b> Committee on the Safety of Nuclear Installations	<b>DWD</b> Deutscher Wetterdienst (Offenbach)	<b>FhG</b> Fraunhofer-Gesellschaft (München)
<b>DA</b> Dienstanweisung	<b>DWR</b> Druckwasserreaktor	<b>FINAS</b> Fuel Incident Notification and Analysis System
<b>DBE</b> Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (Peine)	<b>EBRD</b> Europäische Bank für Wiederaufbau und Entwicklung	<b>FISH</b> Fluoreszent-in-situ-Hybridisierung
<b>DBG</b> Dauerbetriebsgenehmigung	<b>EC</b> Elektroneneinfang	<b>FM</b> Fremdmittel
<b>DFN</b> Deutsches Forschungsnetz	<b>EDF</b> Electricité de France	<b>FS</b> Fachverband für Strahlenschutz
<b>DFP</b> Dosisflächenprodukt	<b>EDTA</b> Äthylendiamin-tetraessigsäure	<b>FSK</b> Freisetzungskategorie
<b>DFÜ</b> Datenfernübertragung	<b>EFTA</b> European Free Trade Association	<b>FV</b> Forschungsvorhaben
<b>DGE</b> Deutsche Gesellschaft für Ernährung	<b>EG</b> Europäische Gemeinschaften (Brüssel und Luxemburg)	<b>FTU</b> Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz
<b>DGMP</b> Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik	<b>EMR</b> Elektromagnetische Reflexion	<b>FÜS</b> Nukleares Frühwarn- und Überwachungssystem
<b>DGMS</b> Deutsche Gesellschaft für Medizinische Soziologie	<b>EMV</b> Elektromagnetische Verträglichkeit	<b>FZK</b> Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
<b>DGMSP</b> Deutsche Gesellschaft für Sozialmedizin und Prävention	<b>EN</b> Europäische Norm	<b>FZK-INE</b> Forschungszentrum Karlsruhe – Institut für Nukleare Entsorgung
<b>DGN</b> Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin e. V.	<b>EPR</b> Europäischer Druckwasserreaktor	<b>GAA</b> Gesamt-Alphaaktivität
<b>DGQ</b> Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V., Frankfurt a. M.	<b>EPRI</b> Electric Power Research Institute	<b>GARDS</b> Globales Atmosphärisches Radioaktivitätsmeßnetz
<b>DHA</b> Department of Humanitarian Affairs (der Vereinten Nationen)	<b>ERAM</b> Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben	<b>GAW</b> Global Atmosphere Watch
<b>DIL</b> Derived Intervention Level	<b>ESR</b> Elektronenspinresonanz	<b>GG</b> Grundgesetz
<b>DKFZ</b> Deutsches Krebsforschungszentrum	<b>ETSI</b> Europäisches TELEKOM-Standardisierungs-Institut	<b>GGVE</b> Gefahrgutverordnung Eisenbahn
<b>DLR</b> Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e. V.	<b>EU</b> Europäische Union	<b>GGVS</b> Gefahrgutverordnung Straße
<b>DNA</b> Desoxyribonucleinsäure	<b>EURATOM</b> Europäische Atomgemeinschaft	<b>GGVSee</b> Gefahrgutverordnung See
	<b>EURDEP</b> European Union Radioactivity Data Exchange Platform	<b>GHZ</b> Große Heiße Zellen
	<b>EVU</b> Energieversorgungsunternehmen	<b>GIK</b> Gitterionisationskammer



# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Abkürzungen

<b>GJAZ</b> Grenzwert der Jahresaktivitätszufuhr	<b>ICNIRP</b> International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierenden Strahlen)	<b>IRPA</b> International Radiation Protection Association
<b>GKSS</b> Früher: Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH. Fetz: GKSS – Forschungszentrum Geesthacht GmbH	<b>ICRP</b> International Commission on Radiological Protection	<b>IPSN</b> Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire
<b>GMBI.</b> Gemeinsames Ministerialblatt	<b>IFA</b> Ingenieurgesellschaft Agro Abwasser Baufinanz mbH	<b>IRRT</b> International Regulatory Review Team
<b>GNS</b> Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (Hannover)	<b>IFU</b> Institut für Umweltforschung	<b>IRS</b> Incident Reporting System (der IAEA)
<b>GRB</b> Gesellschaft zur Behandlung radioaktiver Abfälle in Bayern mbH	<b>IGS</b> IMIS-Gesamt-System	<b>ISH</b> Institut für Strahlenhygiene (Neuherberg)
<b>GRP</b> Groupe permanent chargé des installations de stockage à long terme de déchets radioactifs	<b>IKS</b> IMIS-Kernsystem	<b>ISO</b> International Standard Organization
<b>GRS</b> Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (Köln und Garching)	<b>IAG</b> IMIS-Arbeitsgespräch	<b>ISOE</b> Informationssystem über berufliche Strahlenexposition (in Kernanlagen)
<b>GSF</b> Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH (Neuherberg)	<b>IEC</b> International Electrotechnical Commission	<b>ISSM</b> IMIS SAS Session Manager
<b>GUS</b> Gemeinschaft Unabhängiger Staaten	<b>IKE</b> Institut für Kernenergetik	<b>IT</b> Informationstechnik
<b>GVA</b> Gemeinsam verursachte Ausfälle	<b>ILO</b> International Labour Office	<b>JAZ</b> Jahresaktivitätszufuhr
<b>HAW</b> High Active Waste	<b>IMIS</b> Integriertes Meß- und Informationssystem	<b>KBSt</b> Koordinierungs- und Beratungsstelle (der Bundesregierung für Informationstechnik in der Bundesverwaltung)
<b>HDR</b> Heißdampfreaktor	<b>IMO</b> International Maritime Organization (London)	<b>KBV</b> Kassenärztliche Bundesvereinigung
<b>HPLC</b> High Pressure Liquid Chromatography	<b>Imp</b> Impuls(e)	<b>KDM</b> Knochendichtemessung
<b>HTML</b> Hypertext Markup Language	<b>INDOS</b> Task Group on Internal Dosimetry	<b>KFÜ</b> Kernkraftwerksfernüberwachung, Kernreaktorfernüberwachung
<b>HTR</b> Hochtemperatur-Reaktor	<b>INES</b> International Nuclear Event Scale	<b>KKW</b> Kernkraftwerk
<b>HVBG</b> Hauptverband der Gewerblichen Berufsgenossenschaften	<b>INIRC</b> Internationales Komitee für nichtionisierende Strahlen (der IRPA)	<b>KR</b> Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken
<b>IAEA</b> International Atomic Energy Agency (Wien)	<b>INLA</b> International Nuclear Law Association	<b>KTA</b> Kerntechnischer Ausschuß
<b>IAG</b> IMIS-Arbeitsgespräch	<b>INIS</b> International Nuclear Information System, Wien	<b>KTG</b> Kerntechnische Gesellschaft
<b>IAR</b> Institut für Atmosphärische Radioaktivität (Freiburg)	<b>INSAG</b> International Nuclear Safety Advisory Group	<b>LAA</b> Länderausschuß für Atomkernenergie
<b>IC</b> Innere Konversion	<b>INWAC</b> International Radioactive Waste Management Advisory Committee (der IAEA)	<b>LAN</b> Local Area Network
	<b>IPSN</b> Institut de Protection et Sûreté Nucléaire	<b>LDZ</b> Landesdatenzentrale(n)
	<b>IRM</b> Ionisationsrauchmelder	<b>LET</b> Linearer Energietransfer
		<b>LIS</b> Landeseigene IT-Systeme

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Abkürzungen

<b>LLNL</b> Lawrence Livermore National Laboratory	<b>MWMT</b> Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie, Nordrhein-Westfalen	<b>NUS</b> Neue Gemeinschaft Unabhängiger Staaten
<b>LMSt</b> Landesmeßstellen	<b>MZK</b> Maximal zulässige Konzentration	<b>NUSS</b> Nuclear Safety Standards (der IAEA)
<b>LOI</b> Letter of intent	<b>NAGRA</b> Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Baden)	<b>NUSSAG</b> Nuclear Safety Standards Advisory Group
<b>LPS</b> Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung	<b>NBL</b> Neue Bundesländer	<b>NWG</b> Nachweisgrenze
<b>LSA</b> Low specific activity material	<b>NCRP</b> U.S. National Committee on Radiation Protection	<b>OBA</b> Oberbergamt
<b>LSC</b> Liquid Scintillation Counter	<b>NCS</b> Nuclear Cargo and Service	<b>OD</b> Optische Dichte
<b>LSG</b> Lager- und Sicherungsservice GmbH (Weseling)	<b>NDKK</b> Niederländisch-deutsche Kommission für grenznahe kerntechnische Einrichtungen	<b>ODL</b> Ortsdosisleistung
<b>LSSt</b> Landessammelstelle	<b>NEA</b> Nuclear Energy Agency (der OECD)	<b>OECD</b> Organization for Economic Co-operation and Development (Paris)
<b>LSt</b> Leitstelle(n)	<b>NIRLI</b> Non Ionizing Radiation Literature	<b>OLIS</b> Online-Informationssystem
<b>LVS</b> Lauf- und vorführfähiges System	<b>NIS-Zert</b> Stabsstelle zur Zertifizierung von Qualitätssicherungssystemen nach DIN EN ISO 9001 bis 9003 innerhalb der NIS-Ingenieurgesellschaft mbH, Hanau	<b>ORM</b> Operational Reactivity Margin
<b>LWGR</b> Light water cooled graphite moderated reactor (Leichtwasser-Graphit-Reaktor)	<b>Nlfb</b> Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (Hannover)	<b>ORNL</b> Oak Ridge National Laboratories
<b>LWR</b> Leichtwasserreaktor	<b>NMR</b> Nuclear magnetic resonance	<b>OSART</b> Operational Safety Review Team
<b>MA</b> Minor Actinides	<b>NMU</b> Niedersächsisches Umweltministerium	<b>OVG</b> Oberverwaltungsgericht
<b>MED</b> Minimale Erythemdosis	<b>NN</b> Normalnull	<b>PAAG</b> Performance Assessment Advisory Group
<b>MNK</b> Maßnahmenkatalog	<b>NPP</b> Nuclear Power Plant	<b>PAHO</b> Pan American Health Organization
<b>MOES</b> Mittel- und osteuropäische Staaten	<b>NRPB</b> National Radiological Protection Board	<b>PAMELA</b> Pilotanlage MOL zur Herstellung endlagerfähiger Produkte
<b>MOX</b> Mixed oxide fuel (Mischoxidbrennstoff)	<b>NRC</b> Nuclear Regulatory Commission, Washington, D. C. (Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde für kerntechnische Anlagen in den USA)	<b>PARK</b> Programm zur Abschätzung und Begrenzung radiologischer Konsequenzen
<b>MPG</b> Medizinproduktegesetz	<b>NRWG</b> Nuclear Regulators Working Group	<b>PE</b> Polyäthylen
<b>MRI</b> Magnetic resonance imaging	<b>NUKEM</b> Nuklear-Chemie und -Metallurgie GmbH (Hanau)	<b>PET</b> Positronen-Emissions-Tomographie
<b>MRLU ST</b> Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt	<b>NUPEC</b> Nuclear Power Test Center	<b>PfP</b> Partnership for Peace
<b>MRS</b> Magnetic resonance spectroscopy		<b>PKA</b> Pilot-Konditionierungsanlage
<b>MSC</b> Maritime Safety Committee		<b>PKS</b> Produktkontrollstelle
<b>MTRA</b> Medizinisch-technischer Radiologie-Assistent		<b>PMMA</b> Polymethylmethacrylat
		<b>PÖ</b> Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Abkürzungen

<b>PSA</b> Probabilistische Sicherheitsanalyse	<b>RSWG</b> Reactor Safety Working Group	<b>TA</b> Technische Anleitung
<b>PSÜ</b> Periodische Sicherheitsüberprüfung	<b>RWMAC</b> (UK) Radioactive Waste Management Advisory Committee	<b>TABS</b> Tabellarische Darstellungen mittels SAS
<b>PTB</b> Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Braunschweig und Berlin)	<b>RWMC</b> Radioactive Waste Management Committee (der OECD/NEA)	<b>TBL</b> Transportbehälterlager
<b>PUREX</b> Plutonium Uranium Refining Extraction	<b>SAAS</b> Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz der ehemaligen DDR (Berlin)	<b>TC</b> Technical Committee
<b>PWR</b> Pressurized Water Reactor (Druckwasserreaktor)	<b>SAGSTRAM</b> Standing Advisory Group on the Safe Transport of Radioactive Material	<b>TCM</b> Technical Committee Meeting
<b>QS</b> Qualitätssicherung	<b>SAR</b> Spezifische Absorptionsrate	<b>TF</b> Transferfaktor
<b>QSÜ</b> Qualitätssicherungsüberwachung	<b>SAS</b> Statistical Analyzing System (Statistik-Software)	<b>TG</b> Trockengewicht
<b>R7/T7-Anlage</b> Verglasungsanlagen der COGEMA für Spaltproduktlösungen in La Hague	<b>SBG</b> Spezielle Berechnungsgrundlage	<b>TH</b> Technische Hochschule
<b>RADWASS</b> Radioactive Waste Safety Standards	<b>SBI</b> Sonnenbrand-Index	<b>THTR</b> Thorium high-temperature reactor (Thorium-Hochtemperaturreaktor)
<b>RAPAT</b> Radiation Protection Advisory Team (der IAEA)	<b>SC</b> Standing Committee	<b>TLD</b> Thermolumineszenzdosimeter, Thermolumineszenzdosimetrie
<b>RASSAC</b> Radiation Safety Standards Advisory Committee	<b>SCNE</b> Steering Committee for Nuclear Energy	<b>TMI</b> Three Mile Island
<b>RBMK-1000</b> Russischer graphitmoderierter Siedewasser-Druckröhrenreaktor mit einer elektrischen Leistung von 1000 MW	<b>SCO</b> Surface contaminated object	<b>TNH</b> Transnuklear Hanau
<b>RBU</b> Reaktor-Brennelement Union GmbH	<b>SDAG</b> Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft WISMUT	<b>TP</b> Teilprojekt
<b>RBW</b> Relative Biologische Wirksamkeit	<b>SEDE</b> Site Evaluation and Design of Experiments for Radioactive Waste Disposal	<b>TPA</b> Technischer Projektausschuß
<b>RCM</b> Reliability Centered Maintenance	<b>SEE</b> Specific Effective Energy	<b>TTL</b> Transistor-Transistor Logik
<b>RDB</b> Reaktordruckbehälter	<b>SHB</b> Sicherheitsbehälter	<b>TU</b> Technische Universität
<b>RDBMS</b> Relationales Datenbank-Managementsystem	<b>SPECT</b> Single Photon Emission Computed Tomography	<b>TÜV</b> Technischer Überwachungsverein e. V.
<b>RFM</b> Risk Focused Maintenance	<b>SSK</b> Strahlenschutzkommission	<b>UBA</b> Umweltbundesamt
<b>REI</b> Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen	<b>STN</b> Scientific & Technical Information Network	<b>UFO</b> Umweltforschung
<b>RESA</b> Reaktorschnellabschaltung	<b>StrISchV</b> Strahlenschutzverordnung	<b>UKA</b> Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen
<b>RöV</b> Röntgenverordnung	<b>StrVG</b> Strahlenschutzvorsorgegesetz	<b>UKAEA</b> United Kingdom Atomic Energy Authority
<b>RSK</b> Reaktor-Sicherheitskommission	<b>SWR</b> Siedewasserreaktor	<b>UN-ECOSOC</b> United Nations Economic and Social Council
		<b>UNEP</b> United Nations Environmental Programme

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Abkürzungen

### UNSCEAR

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

### UVPG

Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung

### URCRM

Ural Research Center for Radiation Medicine

### US

Ultraschall

### USBV

Unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtungen

### UVI

UV-Index

### UVP

Umweltverträglichkeitsprüfung

### VAX

Rechnerfamilie der Firma DIGITAL

### VDEW

Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke

### VF

Verdachtsfläche

### VG

Verwaltungsgericht

### VGB

Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber

### VOAS

Verordnung über die Gewährleistung von Atom-sicherheit und Strahlenschutz der ehemaligen DDR

### VwGO

Verwaltungsgerichtsordnung

### WA

Warnamt

### WaBoLu

Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene

### WADIS

Warndienst-Informationssystem

### WAK

Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe

### WAMAP

Radioactive Waste Management Advisory Programme

### WAN

Wide Area Network

### WASSAC

Waste Safety Standards Advisory Committee

### WAU

Wiederaufbereitetes Uran

### WCO

World Customs Organization

### WGIP

Working Group on Inspection Practices

### WHO

World Health Organization

### WIPP

Waste Isolation Pilot Plant

### WKP

Wiederkehrende Prüfung

### WMO

World Meteorological Organization

### WWER

Druckwasserreaktor sowjetischer Bauart

### WWW

World Wide Web

### ZAB

Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente

### ZdB

Zentralstelle des Bundes für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt

### ZfK

Zentralinstitut für Kernforschung (Rossendorf)

### ZFK-DE

Zentralabteilung Forschungsreaktoren und Kerntechnische Betriebe – Dekontamination

### ZLN

Zwischenlager Nord

### ZSG

Zivilschutzgesetz

### ZZKL

Zentrales Zellkulturlabor

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Stichwortverzeichnis

### A

A.LAS.KA ST 6  
 Abbau von Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs KT 5, 9, 26  
 Ablagerungsgeschwindigkeit ST 20  
 Abwasser ST 40, 57  
 Ac-227 ST 36  
 accident management KT 3  
 ACRS A 28, 30  
 adaptive response S 22  
 Aerosolmessungen S 86  
 Aerosolpartikelverluste ST 44  
 Aktivitätsmessung ST 57  
 ALARA-Netzwerk S 71  
 Alterung von Reaktoren KT 29  
 Alterungsmanagement A 37; KT 29  
 Altlasten siehe Hinterlassenschaften ST 5, 26  
 Am-241 ST 50  
 ANF A 28  
 Anlagensicherung KT 4; ET 8  
 Anwenderbetreuung S 50  
 Apoptose S 13  
 Arbeitsnormale S 24  
 Atomhaftungsrecht KT 27  
 Aufbewahrungsgenehmigung ET 7  
 Auslegung A 38  
 austenitische Einbauteile A 29  
 austenitische Rohrleitungen A 29  
 äußere Systeme A 29

### B

Bauartprüfung von Endlagerbehältern ET 45  
 Be-7 S 86  
 Beförderungsgenehmigungen ET 10  
 Behälterqualifizierung ET 52, 53  
 Bergbaubetriebe Aue ST 17  
 Berlin-Kolloquium ST 58  
 Berufskategorien S 62  
 Berufskrankheiten S 12, 13  
 besondere Vorkommnisse ST 13  
 Betriebsberichte A 29  
 Betriebskosten ET 6, 7  
 Betriebsüberwachung A 29  
 BfS, Datenschutz A 23  
 BfS, Dienstgebäude A 21  
 BfS, Erweiterungsbau ISH A 22  
 BfS, Haushaltsmittel A 21, 22, 23  
 BfS, Justitiariat A 23  
 BfS, Krankenstand A 21

BfS, Liegenschaft Berlin-Karlshorst A 22  
 BfS, Neubau Bonn A 22  
 BfS, Organisation A 21  
 BfS, Personalausgaben A 21, 23  
 BfS, Schwerbehinderte A 21  
 BfS, Stellenbestand A 25  
 BfS, zentrale Datenverarbeitung A 25  
 BfS, zentrale Fachbibliothek A 26  
 BfS, Zentralrechner A 25  
 BfS-Netzwerk S 51  
 Bildverarbeitung ST 16  
 Brandmeldeanlage A 29  
 Brandprüfstand ET 52, 53  
 Brennelemente A 29, 30; ET 7, 8, 9, 10, 62  
 Brennstäbe ET 7, 8, 9  
 Bruchausschlußkonzept A 29  
 Bruchmechanik A 29  
 Bruchannahmen A 29  
 Bürgertelefon A 10

### C

Castor, Behälter ST 46; ET 7, 8, 10  
 CDS S 91  
 chromosomale Aberrationen S 61  
 Chromosomenanalyse S 11, 12, 67  
 Chromosomenuntersuchungen S 13  
 CoDecS S 91  
 Containment A 30  
 Cs-137 S 86  
 CTBT S 89

### D

Datenaustauschformat S 91  
 Datenbankverwaltung S 50  
 Deinococcus S 19  
 deterministische Bewertungsmethoden KT 3, 16, 27  
 diagnostische Radiologie S 65  
 dizentrische Chromosomen S 61  
 DOSAGE S 67  
 Dosimetrie, biologische ST 58  
 Dosisabschätzung S 68  
 Dosisgrößen ST 47  
 Dosisleistung, nuklidspezifische S 85; ST 64  
 Dosisregister, europäisches S 18  
 Dosisrekonstruktion S 41  
 druckführende Umschließungen A 29, 30  
 Druckprüfungen A 30  
 Druckwasserreaktor A 28, 29, 30; KT 13, 14

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Stichwortverzeichnis

### E

ECURIE S 81, 91  
 einstweilige Anordnung A 25  
 elektromagnetische Felder S 63  
 elektromagnetische Hypersensibilität S 69  
 Emissions- und Immissionsüberwachung S 73; ST 10  
 Emissionsüberwachung KKW ST 57  
 Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben - siehe ERAM  
 Endlagerbehälter ET 45  
 Endlagerprojekte, Kosten der A 21  
 Endlagerung A 28; ST 65  
 Endlagerung, Qualitätssicherungsüberwachung s. QSÜ  
 Endlagerungsbedingungen ET 19, 55, 58, 59  
 Endlagervorausleistungsverordnung (EndlagerVIV) A 21, A 23; ET 43  
 Endlagervorausleistungsverordnung, Novellierung ET 43  
 Entsorgung ET 57, 61  
 Entsorgungskonvention ET 57  
 epidemiologische Untersuchungen S 33  
 EPR A 27, 30  
 ERAM A 25  
 ERAM, Abdichtung ET 6, 55  
 ERAM, Eigenüberwachung A 15  
 ERAM, Einlagerung ET 5, 17, 18, 46  
 ERAM, Faßcontainer ET 17  
 ERAM, Grundwasserneubildung ET 38, 39, 40, 41  
 ERAM, Hochwasser ET 36, 37  
 ERAM, Kaminüberhöhung ET 18, 19, 20, 21  
 ERAM, Klüfte ET 34, 36  
 ERAM, Langzeit-Ausbreitungsfaktoren ET 19, 20, 21  
 ERAM, Löslichkeitsgrenzen ET 42  
 ERAM, Planfeststellungsverfahren ET 5  
 ERAM, Quellterm ET 42  
 ERAM, Radioaktive Abfälle A 25; ET 5, 6, 17, 18  
 ERAM, Scoping-Verfahren ET 6  
 ERAM, Sorption ET 41, 42  
 ERAM, Stilllegung A 30; ET 6  
 ERAM, Strahlenexposition ET 5, 18, 20, 21, 22, 23, 24  
 Erdbeben bei Torgau 1553 ET 53  
 Erdbeben, deutscher Erdbebenkatalog ET 54  
 Erdbeben, allgemein A 27, 28, 30  
 EURDEP S 81, 91  
 Exposition, chronische ST 62  
 Exposition, retrospektive ST 19, 62  
 Expositionserfassung S 30; ST 17  
 Expositionspfade ST 26, 29  
 Extraktionschromatographie ST 40

### F

Faeces ST 56  
 Fe-55 ST 40

ferritische Komponenten A 29  
 FINAS KT 30  
 Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung S 11  
 Flüssigkeitszintillationsmessung ST 36  
 Freigabe S 39; ST 61  
 Freigrenze natürlicher Strahlung ST 61  
 FRM-II A 27

### G

Gammaskopimetrie S 86; ST 35  
 Genehmigung und Aufsicht KT 3, 4, 5  
 Genehmigungsanforderungen KT 16  
 Gesamtverlustfaktor ST 44  
 Gleichgewichtsfaktor ST 32  
 Gorleben A 23, 24  
 Gorleben, Erkundung A 30; ET 4  
 Gorleben, Erkundungssohle ET 4  
 Gorleben, Grundwassermeßstellen ET 4, 13  
 Gorleben, Hydrogeologische Bohrungen ET 13  
 Gorleben, Infrastrukturbereich ET 4  
 Gorleben, Meteorologische Verhältnisse ET 11  
 Gorleben, Niederschlagsrose ET 12  
 Gorleben, Quartär ET 13  
 Gorleben, Strukturgeologische Bohrungen ET 13  
 Gorleben, Windrose ET 12  
 Gorlebenbank ET 4  
 Greifswald, KKW-Anlagen A 30  
 Grenzwertempfehlungen S 63, 75  
 grundeigenes Salz A 24  
 Grundpegelstrahlung ST 48  
 Grundstücksrechte A 24  
 Grundwasserverschmutzung ET 16  
 Gußcontainer ET 45

### H

H2 A 28, 30  
 HAT S 68  
 Hinterlassenschaften, bergbauliche ST 5, 26, 63, 65  
 Hinterlassenschaften, Bewertung bergbaulicher ST 6, 7  
 Hinterlassenschaften, radiologische Untersuchung bergbaulicher ST 6  
 Hormesis S 22  
 human factors A 30  
 humane primäre Keratinozyten S 17

### I

IAEA S 65, 74; KT 3, 8, 25, 26, 27, 30, 31, 38

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Stichwortverzeichnis

IAEA, Arbeitsprogramm ET 57, 61  
 IAEA, Basic Safety Standards S 71  
 IAEA, Regelwerk Betrieb KT 25  
 IAEA, Regelwerk der KT 5, 30  
 IAEA, Standardsyllabus S 70  
 ICNIRP S 63  
 ICRP S 68  
 ICRP-60-Empfehlung ST 46  
 Identifikation verborgener Quellen ST 64  
 IMIS S 44, 50, 52, 54, 55, 58, 60, 81, 82, 85  
 IMIS, Migration des S 45, 52, 55, 57, 81  
 IMS S 89  
 In-situ-Messungen S 85  
 In-situ-Meßfahrzeuge S 84  
 In-situ-Spektrometrie ST 64  
 INDOS S 68  
 INEX 2 S 91  
 Inkorporationsmessungen ST 12  
 Inkorporationsüberwachung ST 12, 52, 54, 56  
 Integriertes Meß- und Informationssystem siehe IMIS  
 Internalisierung von Kosten KT 11  
 internationale Aufsichtspraxis KT 25  
 Internationale Dosisregister S 62  
 internationaler Datenaustausch S 49, 83, 91  
 Internet A 25, 26  
 Interventionen bei chronischen Expositionen ST 61, 62  
 Investitionskosten ET 6  
 IRIS S 49, 79, 81  
 ISO-Norm 2889 ST 64

### J

Jahresaktivitätszufuhr, Grenzwert der S 20  
 JRC Ispra S 91

### K

Kalibration S 24  
 Kalibrierphantome ST 51  
 katalytische Rekombinatoren A 28; KT 14  
 Kernbrennstoffe KT 7; ET 7, 8, 9, 10  
 Kernbrennstoffe, Übernahme von ET 9  
 Kernbrennstoffkreislauf A 29; KT 3, 4, 5, 29  
 Kernkraftwerke A 27; S 35; ST 60; KT 3ff  
 Kernkraftwerke, betriebliche Sicherheit KT 27  
 Kernkraftwerke, GKN-I A 29  
 Kernkraftwerke, KKB A 29  
 Kernkraftwerke, KKK A 29  
 Kernkraftwerke, KKU A 28  
 Kernkraftwerke, KRB-B A 29  
 Kernkraftwerke, KWB-B A 29  
 Kernkraftwerke, KKW KT 9, 21, 31

Kernkraftwerke, Überwachung ST 52  
 Kernschmelzen A 30  
 kerntechnische Anlagen ST 44; KT 3ff.  
 kerntechnische Anlagen in der GUS und den MOES KT 4ff, 9ff., 21, 31  
 kerntechnische Sicherheit KT 3ff.  
 Kerntechnischer Ausschuß A 30  
 Kernwaffenfallout S 89  
 Kernwaffenteststoppabkommen S 81, 82  
 Kernwaffenteststoppabkommen, Verifikation des S 81, 89  
 Klärschlamm ST 42  
 KMV-Schutzkonzept A 28  
 Kollektivdosis ET 47, 48, 49; KT 14  
 Kollektivdosisbetrachtung ET 48  
 Konditionierung radioaktiver Abfälle ET 45, 46, 47, 48, 49  
 Konrad A 22, 24  
 Konrad, Genehmigungsverfahren ET 5  
 Konrad, Grundwasserverordnung ET 16  
 Konrad, Grundwasserverschmutzung ET 16  
 Konrad, Kaminüberhöhung ET 14, 15  
 Konrad, Langzeit-Ablagerungsfaktoren ET 14  
 Konrad, Langzeit-Ausbreitungsfaktoren ET 14, 15  
 Konrad, Planfeststellungsbeschluß ET 5  
 Konrad, Umrüstung ET 5  
 Konrad, Windrichtungs-/Windgeschwindigkeitsverteilung ET 14  
 kontaminierte Standorte ST 65  
 Kontrollmessungen zur Aktivitätsbestimmung ST 10  
 KONVOI A 27  
 Korrosion KT 12  
 Krebs S 33  
 KTA A 30  
 KTA 2000 A 37  
 KTA-Geschäftsstelle A 37  
 KTA-Regeln und -Regelentwürfe A 30, 37  
 KTA-Regeln, Überprüfung von A 30, 37  
 KTA-Regelwerk A 30, 37

### L

Laborvergleich ST 50  
 Lastannahmen A 28  
 Leckage A 29, KT 22  
 Leitnuklidmessung ST 53  
 Leitstellenfunktion ST 11  
 Luftmassentransport KT 19  
 Lungenkrebhäufigkeit S 15

### M

magnetische Felder S 69  
 medizinische Diagnostik S 65  
 meldepflichtige Ereignisse A 29  
 Meßbedingungen, Gewährleistung einheitlicher ST 10

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Stichwortverzeichnis

Meßnetzknotten S 83, 84  
 mobile Meßsysteme S 85  
 Modellrechnungen S 67; ET 58, 59  
 Morsleben, siehe ERAM

---

### N

---

nachhaltige Entwicklung A 28  
 Nachweisgrenzen S 35  
 natürliche Radioaktivität ST 11, 60, 65  
 natürliche Radionuklide S 37  
 natürliche Strahlung ST 61  
 Neutronenexposition am Castor ST 12  
 Neutronenkomponente, Messung der ST 12, 47  
 Ni-63 ST 40  
 niederfrequente elektrische Felder S 33, 75  
 niederfrequente Magnetfelder S 30, 36  
 Niederschlagsmessungen S 86  
 Notfallschutz S 74; KT 19  
 Notfallschutz, anlageninterner KT 3, 14  
 Notkühlsysteme A 28  
 NRC A 28, 30  
 nukleare Nachsorge KT 4, 6, 23  
 nukleare Sicherheit ET 57  
 nukleare Versorgung KT 4  
 nuklearer Umweltschutz ST 61  
 NUSS KT 25  
 NUSSAC KT 25, 27

---

### O

---

Oberflächenprozesse ST 19  
 ODL, Grundpegelmessungen ST 11  
 ODL, Meßnetz S 81, 83  
 ODL, Meßnetz-Übernahme S 81, 82, 83  
 Ökosysteme S 71  
 Organdosis S 20  
 Ortsdosisleistung, nuklidspezifische ST 64  
 Oslo and Paris Commissions ST 63  
 Outdoor-Radon ST 32

---

### P

---

Patientendosen S 65  
 PARK S 54  
 periodische Sicherheitsanalyse siehe PSA KT 6  
 periodische Sicherheitsüberprüfung KT 3, 4, 5, 6  
 Pilotkonditionierungsanlage siehe PKA  
 PKA A 29  
 Planfeststellungsbeschlüsse A 22, 23

Plattierung A 29  
 Plutoniumnitratlösungen ET 8  
 Plutoniumoxid ET 8  
 probabilistische Bewertungsmethoden KT 3  
 probabilistische Methoden KT 3  
 probabilistische Sicherheitsanalysen A 30; KT 3, 6  
 probabilistische Sicherheitsbewertung ET 50  
 Probenentnahme aus Ableitungen mit der Fortluft ST 44, 64  
 Produktkontrolle ET 45, 46, 55, 58, 59  
 Produktkontrolle radioaktiver Abfälle ET 45  
 Produktkontrolle von Wiederaufarbeitungsabfällen ET 46  
 Produktkontrolle, nukleare Meßtechnik ET 46  
 Prognosegenauigkeit S 27  
 Projektkosten ET 6, 7  
 Prüfintervalle A 29, 30  
 PSA KT 3, 6; RF 10ff.

---

### Q

---

Qualifizierung KT 15, 16  
 Qualitätsmanagement-System A 17  
 Qualitätssicherung S 68; ST 10, 16, 48, 52; KT 3, 25  
 Qualitätssicherung bei der Entsorgung ET 58, 61  
 Qualitätssicherung beim Nachweis radioaktiver Stoffe ST 10  
 QSÜ A 17  
 Qualitätsüberwachung ST 10, 11, 12, 38

---

### R

---

radioaktive Ableitungen ST 63  
 radioaktive Stoffe, Beförderung ET 62  
 radioaktiver Abfall, Behandlung ST 60, 61; ET 47, 48  
 radioaktiver Abfall, Charakterisierung ET 58, 59  
 radioaktiver Abfall, Erhebung ET 43, 44, 45  
 radioaktiver Abfall, Gebindeeigenschaften ET 58  
 radioaktiver Abfall, jährliche Menge ET 44  
 radioaktiver Abfall, Klassifizierung ET 59, 60  
 radioaktiver Abfall, Management A 30; ET 59, 60, 61  
 Radiocäsium S 72  
 radiochemische Analyse ST 36  
 radiochemische Aufbereitung ST 35  
 radiologische Unfälle, Spätphase nach ST 59  
 Radionuklide, Meßanleitung zur Bestimmung natürlicher ST 11  
 Radionuklidmessnetz, internationales S 89  
 Radionuklidtransport ET 57, 58  
 Radionuklidtransport in der Geosphäre ET 58  
 Radionuklidtransport, Modellrechnungen ET 58, 59; KT 19  
 Radon ST 57  
 Radon in Gebäuden ST 24, 62  
 Radon, Messung von ST 9, 23, 24, 32  
 Radon-222, kurzlebige Zerfallsprodukte ST 17  
 Radon-Meßsystem ST 15



# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Stichwortverzeichnis

radon-prone areas ST 8  
 Radonpotential ST 24  
 Radonzerfallsprodukte ST 19, 22  
 Radonzerfallsprodukte, Messung von ST 9  
 REA S 44  
 Reaktordruckbehälter A 29, 30  
 Reaktoren, Bewertung von Reaktoren sowjetischer Bauart KT 4, 5, 9, 21  
 Reaktoren, fortgeschrittene A 29, 30  
 Referenzdosen S 65  
 Regelerstellung A 37; RF 10  
 REI S 73; ST 35  
 Rekombinatoren KT 14  
 Relative Biologische Wirksamkeit S 17  
 REM S 91  
 Replikationsverfahren S 50  
 Reproduktiver Zelltod S 61  
 Ressortforschung A 22, 23  
 Restitutionsklage A 25  
 Ringversuch ST 42, 54  
 Risikoanalyse ET 50, 51  
 Risikokommunikation ST 60  
 Rißbildungen A 29  
 RODOS/ RESY, Entscheidungsunterstützungssystem S 81  
 Rohrleitungen A 29  
 RSK-Leitlinien A 28, 29, 30

### S

Salinas Salzgut GmbH A 24  
 Salzrechte A 24  
 Sanierung ST 32, 63  
 Sanierung kontaminierter Landstriche ST 63; ET 60  
 Sanierung von Spaltstoffgebinden ET 9  
 Schadenersatzansprüche des Bundes A 24  
 Schauinsland S 86, 89  
 Schnellinformationsabkommen S 91  
 Schutz der Meeresumwelt ST 63  
 Schwächungsfaktoren S 23  
 Schwellwerte ST 53  
 Scoping-Termin A 25  
 SDAG Wismut S 13; ST 17  
 Sicherheitsanalysen ET 6, 26, 27, 57, 59, 61  
 Sicherheitsanforderungen A 29, 30  
 Sicherheitseinspeisesysteme A 27  
 Sicherheitsforschung A 27, 28, 29, 30  
 Sicherheitskultur A 27; KT 25  
 Sicherheitsleittechnik A 28; KT 16ff.  
 Sicherung KT 4  
 Siedewasserreaktor A 29  
 Spektralradiometer S 24  
 Sprödbruch A 29, 30  
 Spurenanalyse S 86  
 staatliche Verwahrung, Brennelemente ET 9  
 staatliche Verwahrung, Herausgabe aus der ET 9  
 staatliche Verwahrung, Kernbrennstoffe ET 9  
 staatliche Verwahrung, Plutoniumnitratlösungen ET 8  
 staatliche Verwahrung, Plutoniumoxid ET 8  
 staatliche Verwahrung, Sanierung von Spaltstoffgebinden ET 9  
 staatliche Verwahrung, Übernahme von Kernbrennstoffen ET 9  
 Standortcharakterisierung ST 65  
 Steuerstab A 28  
 Stilllegung von Kernanlagen ST 58, 61; KT 4, 8  
 Stilllegung von Kernkraftwerken A 30; KT 5, 21  
 Stillstandskosten A 24  
 Störfallanalyse ET 50  
 Störfälle KT 7  
 Störfallfestigkeit A 28  
 Störfallmeldestelle KT 7  
 Strahlenexposition, berufliche ST 9, 17, 22, 57, 58, 59; ET 47, 48, 49  
 Strahlenexposition, der Bevölkerung S 35; ST 26, 29  
 Strahlenexposition, durch natürliche Radionuklide ST 5  
 Strahlenexposition, in Gebäuden ST 8  
 Strahlenmessung aus der Luft ST 11  
 Strahlenresistenz S 19  
 Strahlenrisiko ST 57, 59  
 Strahlenschutz, beruflicher S 18, 68; ST 64  
 Strahlenschutz, Exposition der Bevölkerung ST 62  
 Strahlenschutz, Grundkonzept S 70; ST 6, 64  
 Strahlenschutz, Sommerschule ST 57  
 Strahlenschutz, Standards ST 60  
 Strahlenschutz, Werkstoffe S 23  
 Strahlenschutzkommission (SSK) A 31  
 Strahlenschutzkommission, Ausschüsse der A 31  
 Strahlenschutzkommission, Empfehlungen der A 32  
 Strahlenschutzkommission, Geschäftsstelle der A 31; ST 6  
 Strahlenschutzkommission, Publikationen A 33, 34, 35  
 Strahlenschutzverordnung A 24  
 Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) A 24; S 73, 81  
 Strahlentherapie S 12, 70  
 Strahlenwirkung, biopositive S 22  
 Strahlung, nichtionisierende ST 57, 58  
 Superpopulationsansatz ET 51  
 SWR A 29  
 SWR 1000 A 29  
 symmetrische Translokationen S 61  
 synoptische Plausibilitätsprüfung S 45

### T

Tailings ST 32  
 Teilkörpermeßsystem ST 50  
 TELEPERM XS A 28  
 Thermolumineszenz S 41  
 Transferfaktor Bodenpflanze S 37, ST 27  
 Transferfaktoren ST 27  
 Translokationshäufigkeit S 12

# Das Bundesamt für Strahlenschutz

## Stichwortverzeichnis

Transportbehälterlager ET 7  
 Trinkwasser ST 11, 57  
 Tritium ST 54  
 Tschernobyl S 67; KT 5, 28  
 Turbinen- und Generatorwellen A 29

### U

Überwachungskonzepte A 29  
 UF6 A 28; KT 30  
 Ultraschall A 29  
 Umgebungsdosimetrie ST 48  
 Umweltmeßprogramme (IMIS, REI) S 45, 81, 82  
 Umweltradioaktivität S 47; ST 42  
 Umweltverträglichkeitsprüfung A 23  
 Unfalldosimetrie S 41  
 Unfälle, schwere A 29, 30  
 Unfallvorsorge ST 59  
 unplanmäßige Ereignisse KT 21  
 Untertagemeßfeld, Aktivitätsinventar im ET 27, 28, 29  
 Uran, Lagerung von abgereichertem KT 29  
 Uranbergarbeiter ST 63  
 Uranbergarbeiterstudie S 15  
 Uranbergbau S 37, ST 29  
 UV-Index S 23, 29  
 UV-Meßgerätevergleich S 24  
 UV-Meßnetz S 23  
 UV-Prognose S 27

### V

Validation S 27  
 VEK A 30  
 Vergleichsanalyse ST 38  
 Vergleichsmessungen ST 64

Versandstückzulassung ET 10  
 Volumenregelsystem A 29  
 Vorsorgemaßnahmen ST 60

### W

WADIS S 83  
 WAK A 30  
 Wärmeübertragungsparameter ET 52, 53  
 Warnamt S 83  
 Wasserproben ST 35, 36, 38  
 Wasserstoff-Freisetzung A 28, 30; KT 14  
 Weiterleitungsnachrichten A 29  
 Wiederaufarbeitung A 30; KT 4  
 Wiederkehrende Prüfungen A 29, 30  
 Wiener Atomhaftungsübereinkommen KT 27  
 Wirbelstrom A 29  
 Wismutbeschäftigte S 13, 15  
 WWW-Adressen A 9, 26  
 WWW-Angebot A 26; S 52  
 WWW-Zugänge A 25, 26

### X

Xe-133 S 87, 89  
 Xenon-Untergrund S 87

### Z

Zellbiologie S 13  
 Zellzyklus S 61  
 zerstörungsfreie Prüfung A 29, 30  
 Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente ET 62