
Jahresbericht 1998

Salzgitter, Juni 1999

ISSN 0940-7650

Inhaltsverzeichnis

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Vorwort des Präsidenten	A-1
Aufbau	A-3
Standorte des BfS und seiner Außenstellen	A-5
Schwerpunkte der Arbeit 1998	A-7
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit	A-13
Eigenüberwachung	A-17
Organisationseinheit Qualitätssicherungsüberwachung	A-19
Projektgruppe Aufgabenplanung, Controlling	A-21

Die Zentralabteilung

Organigramm	A-25
Bericht der Zentralabteilung	A-26

Die Geschäftsstellen

Die RSK-Geschäftsstelle	A-31
Die SSK-Geschäftsstelle	A-35
Die KTA-Geschäftsstelle	A-43

Fachbereich Strahlenhygiene, Institut für Strahlenhygiene

Organigramm	S-1
Bericht des Instituts	S-2
Wissenschaftliche Kurzberichte	
– Chromosomenaberrationen in gesunden Kontrollpersonen	S-11
– Wirkung kleiner Dosen auf die Chromosomen in peripheren Lymphozyten nach In-vivo-Exposition ..	S-11
– Chromosomenuntersuchungen bei ehemaligen Beschäftigten der Wismut AG	S-12
– Genotypische Marker für präklinische und nichtinvasive Diagnose von Krebsrisiko und Strahlenempfindlichkeit	S-13
– Einfluß des Tumorsuppressorgens p53 auf die mitotische Aktivität des CDK1/Cyclin B-Komplexes und deren Reduktion nach Bestrahlung	S-14
– Aufbau und Etablierung eines Comet-Assays zur Bestimmung genetischer Komponenten der Strahlenempfindlichkeit	S-15
– Analyse genetischer Unterschiede in DNA Reparaturgenen zwischen zwei Schweinelinien	S-17
– Die deutsche Uranbergarbeiterstudie	S-17
– Pilotstudie für eine in die Wismut-Kohorte eingebettete Fall-Kontroll-Studie	S-21
– Gesundheitliche Auswirkungen der Atombombentests auf dem Testgebiet Semipalatinsk in der Region Altai, Russische Föderation	S-22
– Gesundheitliche Auswirkungen der Atombombentests auf dem Testgebiet Semipalatinsk im Oblast Semipalatinsk, Kasachstan	S-23
– Personenidentifikation im Strahlenschutzregister	S-23

– Häufigkeit diagnostischer nuklearmedizinischer Untersuchungen in Deutschland und die damit verbundene Strahlenexposition	S-24
– Begutachtung nach § 41 StrlSchV im Rahmen von klinischen Prüfungen	S-26
– Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle im Solaren-UV-Monitoring-Meßnetz	S-29
– Messung des Einflusses von Emissionen handelsüblicher Mobilfunktelefone auf verschiedene Hirnstromaktivitäten des Menschen	S-31
– Nichtionisierende Strahlung NIR, Datenbank zur aktuellen wissenschaftlichen Literatur	S-33
– Möglichkeiten der meteorologischen Fernerkundung für die strahlenhygienische Bewertung von Emissionen	S-34
– Vergleich des deutschen Störfallmodells PARK mit dem französischen ASTRAL	S-36
– Thermolumineszenz-Dosimetrie an Ziegeln aus der Umgebung des Testgebiets bei Semipalatinsk ..	S-37
– Handlungsabläufe in der ZdB im Falle eines kerntechnischen Unfalls	S-39
– Bundesweite IMIS-Übung im § 3-Bereich	S-40
– PC-Programmsystem zur IMIS-kompatiblen Erfassung und Auswertung von REI-Daten	S-41
– Die Migration von IMIS	S-42
– IMIS-Schulungen	S-44
– Datenbankverwaltung	S-44
– Anwenderbetreuung	S-44
– BfS-Netzwerk	S-45
– IT-Allgemein und Schulungen	S-45

Wissenschaftliche Veranstaltungen

– Introductory Workshop – European Study of Occupational Radiation Exposure in central and Eastern European Countries (ESOREX-East), Prag, 24.–25. September 1998	S-47
– CEC-Workshop: Umsetzung der Richtlinie über den Gesundheitsschutz bei „medizinischer Exposition“ (97/43/EURATOM)	S-47
– Workshop: On Quality Criteria For Computed Tomography (CT)	S-48
– 3. Fachgespräch über diagnostische Referenzwerte	S-49
– 10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität	S-51
– 1. Fachgespräch SODAR, 23./24. Juni 1998 in Neuherberg	S-51

Internationale Zusammenarbeit

– EC Concerted Action: The Use of FISH Techniques for Biological Dosimetry	S-53
– IAEA Research Project: Radiation Dosimetry through Biological Indicators	S-53
– EU-Forschungsvorhaben „Biokinetics and Dosimetry of Incorporated Radionuclides“	S-53
– EU Projekt „Reconstruction of internal doses from long-lived radionuclides following a large-scale radiation accident“	S-54
– Mitarbeit bei der ICRP	S-54
– Mitarbeit bei der Erstellung von IAEA Publikationen	S-54
– International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)	S-55
– IAEA Safety Guide „Training in Radiation and Waste Safety“	S-56
– European ALARA Network	S-56
– Peer Review – Internationale Gutachter im Fachbereich S	S-57
– IAEA Safety-Report: „Design and Implementation of Radiation Monitoring Programs for Protection of the Public“	S-57
– EU-Forschungsvorhaben: „Long Term Dynamics of Radionuclides in Seminatural Environments“ ...	S-57
– Auszeichnungen	S-58
– Unterstützung der slowenischen atomrechtlichen Aufsichtsbehörde	S-58
– IRIS Rußland	S-58

Fachbereich Strahlenhygiene, Institut für Atmosphärische Radioaktivität

Bericht des Instituts	S-61
Wissenschaftliche Kurzberichte	
– Betrieb des ODL-Meßnetzes	S-63
– In-situ-Messungen im Rahmen der bundesweiten IMIS-Übung am 14./15.09.1998	S-64
– Spurenanalyse der aerosolgebundenen Radioaktivität an den Probenahmeorten Schauinsland und Freiburg	S-66
– Der Krypton-85 Untergrundpegel in der nördlichen Hemisphäre	S-67
– Beitrag des IAR zur Verifikation des umfassenden Verbotes von nuklearen Versuchsexplosionen (UVNV)	S-68
– Weiterentwicklungen von ECURIE und anderen Systemen für den internationalen Datenaustausch ..	S-69

Fachbereich Strahlenschutz

Organigramm	ST-1
Bericht des Instituts	ST-2
Wissenschaftliche Kurzberichte	
– Konformität der Richtlinien zur Strahlenschutzüberwachung von Personal und Umwelt mit den Anforderungen an Prüflaboratorien gemäß DIN EN 45001	S-13
– Qualitätssicherung bei der Bestimmung von Radonkonzentrationen mit dem passiven Meßsystem des BfS	ST-14
– Untersuchung zur Abhängigkeit der spezifischen Aktivität natürlicher Radionuklide von der Korngröße bei Haldenmaterialien	ST-17
– Flächendeckende Untersuchungen über den Radongehalt des Trinkwassers in der Bundesrepublik Deutschland	ST-19
– Flächendeckende Messungen der terrestrischen Gammastrahlung in Ost-Bayern	ST-21
– Vergleich der Radonkonzentration in Gebäuden mit dem geogenen Radonpotential	ST-23
– Concerted Action „Retrospectively Estimated Radon in Areas affected by Uranium Mining Activities“	ST-26
– Pb-210-In-Vivo-Messungen an Personen aus Gebieten mit erhöhtem Radonvorkommen	ST-27
– Bestimmung natürlicher Radionuklide auf Halden durch In-situ-Gammaspektrometrie	ST-29
– Natürliche Radionuklide und Sr-90 in Tagesausscheidungen von Personen	ST-32
– Ringversuch „Kohlenstoff-14 in Urin“	ST-34
– Ringversuch „Thoriumisotope in Urin“	ST-34
– Fünfte Vergleichsanalyse „Boden 1998“	ST-36
– Neue Verfahren zur Bestimmung von Am-241, Plutonium-, Uran- und Thorium-Isotopen im Abwasser kerntechnischer Anlagen	ST-37
– Messung von H-3 und C-14 in der Fortluft von Kernkraftwerken	ST-39
– Ringvergleich C-14 in der Fortluft von Kernkraftwerken	ST-39
– Bestimmung von Cs-137 in Waldböden mit Hilfe der kollimierten In-situ-Gamma-spektrometrie	ST-40
– Erfassung und Auswertung der Meßdaten bei Strahlenmessungen aus Hubschraubern	ST-42
– Umsetzung der Formatanforderungen für die Übermittlung von Inkorporationsfeststellungen	ST-43
– Feststellung von Eu-152 Inkorporationen durch Ganzkörperzählermessungen	ST-44
– Eignung von Neutronen-Dosisleistungsmeßgeräten für Strahlungsmessungen an CASTOR-Behältern	ST-46
– Analyse der besonderen Vorkommnisse beim Umgang und der Beförderung radioaktiver Stoffe und beim Betrieb von Beschleunigern in Deutschland von 1991 bis 1997	ST-48

– Bewertung der Ursachen und radiologischen Auswirkungen einer radioaktiven Oberflächenkontamination in Quellenräumen	ST-51

Wissenschaftliche Veranstaltungen

– 34. Berlin-Kolloquium, Bundesamt für Strahlenschutz, Außenstelle Berlin, 7. bis 11. Oktober 1998 ..	ST-55
– Die natürliche Strahlenexposition des Menschen – ein Problem des Strahlenschutzes? Fachseminar der Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung von Mecklenburg-Vorpommern (LPS) in Berlin in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Strahlenschutz	ST-55
– WORKSHOP „Strahlenschutzüberwachung von Arbeitsplätzen mit erhöhten Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten und Qualitätssicherung der Überwachungsmessungen“ ...	ST-55
– Auswertung der Ergebnisse des Ringversuches „Abwasser aus kerntechnischen Anlagen“ Seminar des Fachbereiches Strahlenschutz des Bundesamtes für Strahlenschutz, Berlin, 21. bis 22. September 1998	ST-56
– Überwachung der Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken. 488. Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz, Berlin, 25. bis 27. Mai 1998	ST-56
– 4. Fachgespräch über meßtechnische Fragen bei der Bestimmung natürlicher Radionuklide, Halle (Saale), 25. März 1998	ST-56

Internationale Zusammenarbeit

– OECD/NEA-Workshop on the Societal Aspects of Decision-Making in Complex Radiological Situations	ST-57
– 2. und 3. EURETHOS-Seminar	ST-57
– Sitzung der Working Group on Science and Technology (WGST) des CRPPH	ST-57
– 56. Treffen des Committee on Radiation Protection and Public Health (CRPPH)	ST-58
– ICRP Committee No 4	ST-58
– 11. Internationaler Meßvergleich zur Bestimmung der Umweltradioaktivität	ST-59
– Fortluftüberwachung bei Kernkraftwerken: Zusammenarbeit des BfS mit EDF und OPRI	ST-59
– Research Coordination Meeting on Intercomparison and Biokinetic Model Validation of Radionuclide Intake Assessment Wien, 6. bis 8. Juli 1998	ST-59
– Concerted Actions im Rahmen des „Nuclear Fission Safety Research and Training Programme“ der EU „Retrospectively Estimated Radon in Areas Affected by Uranium Mining Activities“ and „European Research into Radon in Construction“	ST-60
– Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks im Rahmen der „Oslo and Paris Commissions (OSPAR)“	ST-61
– ICRP Task Group „Protection Criteria for Chronic Exposures of the Public“	ST-62
– Chinesische Gastwissenschaftler	ST-62
– Treffen der Working Group 14 der ISO/TC85/SC2 zur Erstellung der ISO-Norm „Sampling of airborne radioactive substances“	ST-62
– Konsultanten-Treffen zur Erarbeitung eines Technischen IAEA-Dokumentes „Generic Procedures for Environmental and Source Monitoring during a Radiological Emergency“	ST-63
– Internationale Vergleichsmessung mit Hubschraubern im Jahr 2000	ST-63
– Konsultanten-Treffen zur Entwicklung einer „Datenbank für Ableitungen von Radionukliden in die Umwelt“	ST-63

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Organigramm	KT-1

Bericht des Fachbereichs	KT-2

Wissenschaftliche Kurzberichte

– Auswertung unplanmäßiger Ereignisse in Kernkraftwerken mit sowjetischen Reaktoren in Osteuropa im Jahre 1996	KT-11

– Kontaminationsverhinderung beim Umsetzen einer USBV	KT-11
– Überblick über die Verfahren der Zerstörungsfreien Werkstoffprüfung und ihre Anwendung in der Kerntechnik	KT-13
– Konformitätsnachweis für Hardware und Software in kerntechnischen Anlagen hinsichtlich des Verhaltens bei Datumsunstetigkeiten – Beantwortung eines Questionnaires der OECD/NEA zur Jahr-2000-Problematik	KT-14
Wissenschaftliche Veranstaltungen	
– 5. Informationsveranstaltung zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr	KT-17
– Fachbereichsseminar KT	KT-17
Internationale Zusammenarbeit	
– IAEA Consultants' Meeting zur Fertigstellung des Dokuments „Review of Safety Performance of Operational Nuclear Power Plants“	KT-19
– IAEA Consultants' Meeting „Experience with Analysis of Precursors to Operational Events“	KT-19
– OECD/NEA Vorbereitungskomitee für das CNRA Special Issue Meeting 1999 (SIM'99) „Regulatory Effectiveness“	KT-19
– OECD/NEA CNRA Special Issues Meeting 1998: „Regulatory Aspects of Ageing Reactors“	KT-20
– EU Task Force on Risk-Based in Service Inspection der NRWG	KT-20
– Arbeitsgruppe der CNRA der OECD/NEA über Methoden der staatlichen Aufsicht bei kerntechnischen Anlagen, Sitzungen in Prag und Budapest und Internationaler Workshop in Prag	KT-21
– Beratung der IAEA zur Ausarbeitung nuklearer Sicherheitsstandards (Nuclear Safety Standards Advisory Committee – NUSSAC)	KT-21
– Beratung der IAEA zur Ausarbeitung von Sicherheitsstandards (Advisory Commission on Safety Standards – ACSS)	KT-22
– OECD/NEA Organizing Committee of the 1999 CNRA Workshop on Staff Recruitment, Training and Retention, Paris, 15.–16. Oktober 1998	KT-23
– OECD/NEA – Arbeitsgruppe zur Sicherheit im Kernbrennstoffkreislauf	KT-23
Wissenschaftliche Publikationen	KT-25
Wissenschaftliche Vorträge	KT-27

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Organigramm	ET-1
Bericht des Fachbereichs	ET-2
Wissenschaftliche Kurzberichte	
– Großpumpenversuch Dömitz-Lenzen	ET-11
– Isotopenuntersuchungen an Schwefelverbindungen in Grundwasserproben aus Meßstellen des hydro-geologischen Erkundungsprogramms Gorleben	ET-12
– Dreidimensionale Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung und zum Salztransport im Deckgebirge über dem Salzstock Gorleben	ET-13
– Verzeichnis der Vorkommen salinarer Lösungen in den Evaporiten des Salzstocks und Erkundungsbergwerks Gorleben. Eine Dokumentation	ET-15
– Chemische Analyse und genetische Interpretation von salinaren Lösungen auf der Erkundungssohle des projektierten Endlagerbergwerkes Gorleben	ET-16
– Br-Normalprofil für das Staßfurt-Steinsalz des Salzstocks Gorleben.	ET-16
– Analysen zur Kritikalitätssicherheit in der Nachbetriebsphase des Endlagers Gorleben	ET-17
– Übersicht über die im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) im Jahr 1998 eingelagerten radioaktiven Abfälle	ET-19
– Endlagerungsbedingungen für das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM)	ET-20

– Aktivitätsinventar der Spezialcontainer im Untertagebereich des ERAM	ET-20
– Messungen von Korrosionsraten/Wasserstoffentwicklung für das Endlager Morsleben	ET-22
– Freisetungsverhalten flüchtiger radioaktiver Stoffe im ERAM	ET-23
– Untersuchungen an Lösungszusammensetzungen bei der Migration durch das Grubengebäude Bartenleben	ET-25
– Interpretation der Isotopen-, Edelgas- und Salinitätsuntersuchungen an Grundwasserproben und am Porenwasser in frischen Bohrkernproben aus dem hydrogeologischen Untersuchungsgebiet des ERAM	ET-26
– Erhebung radioaktiver Reststoffe für das Jahr 1997	ET-27
– Durchführung von Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle	ET-29
– Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle	ET-29
– IPrüfung von Endlagerbehältern	ET-30
– Bewertung der Anwendbarkeit geophysikalischer Methoden zur Kernmaterialüberwachung von Endlagern in Salzstöcken	ET-31
– Analyse von Brandszenarien und Entwicklung bzw. Anpassung geeigneter Rechenmodelle	ET-32
– Quantifizierung der Barrierenqualität bei Endlagergebinden	ET-33
Internationale Zusammenarbeit 5	
– Gemeinsames Übereinkommen vom 5. September 1997 über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle	ET-35
– Komitee der OECD / NEA für die Entsorgung radioaktiver Abfälle (RWMC)	ET-35
– OECD / NEA International Project on the Transport of Radionuclides in Geologic, Heterogeneous Media (GEOTRAP)	ET-36
– Ad hoc-Arbeitsgruppe der Europäischen Union im Bereich der Klassifizierung und Äquivalenz radioaktiver Stoffe	ET-37
– Expertengruppe der Europäischen Union zur Bewertung von Studien und Vorhaben zum Management radioaktiver Abfälle und zur Sanierung/Wiederherstellung kontaminierter Landstriche	ET-37
– Beratertreffen der IAEA zur vergleichenden Bewertung möglicher Auswirkungen der Endlagerung von radioaktiven und nichtradioaktiven toxischen Abfällen aus dem Bereich der Stromerzeugung	ET-38
– Beratertreffen der IAEA zur Ableitung von Abfallgebinderespezifikationen	ET-39
– Beratertreffen der IAEA über Einflußgrößen auf die Auswahl und den Einsatz von Technologien bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle	ET-39
– Beratertreffen der IAEA zur Verbesserung der Datenbasis für die Entsorgung radioaktiver Abfälle ...	ET-40
– Komitee der IAEA für Entsorgungstechnologien (WATAC)	ET-40
– Sitzung des IAEA Technical Committee on Development of Indicators for Radioactive Waste Management	ET-41
– Deutsch-amerikanische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle	ET-42
– Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen	ET-43
– Beförderung radioaktiver Stoffe	ET-43
– Internationaler Trainingskurs zum Transport radioaktiver Stoffe	ET-45
– Erfahrungsaustausch mit den Ländern Osteuropas	ET-45
Prüfungen, Zulassungen, Genehmigungen	ET-45
Wissenschaftliche Veranstaltungen	ET-46

Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

Themen der von den Fachbereichen S und ST fachlich begleiteten Ressortforschungsvorhaben auf dem Gebiet des Strahlenschutzes	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	RF-7
– 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
Themen der vom Fachbereich ET fachlich begleiteten Ressortforschungsvorhaben	RF-13

Anhang

Wissenschaftliche Publikationen	AN-1
Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen	AN-15
Abkürzungen	AN-29
Stichwortverzeichnis	AN-35

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Vorwort des Präsidenten

Seit seiner Gründung im Jahre 1989 steht das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) an der Schnittstelle von Wissenschaft und Politik. Die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl und die Informationspolitik über die möglichen Gefährdungen, die in den Augen der damaligen Bundesregierung stark von unklaren Kompetenzen geprägt war, gab den Anstoß für gesetzgeberische Maßnahmen wie das Strahlenschutzvorsorgegesetz und führte zur Gründung des BMU. Ein weiteres Ereignis, das zu einem erheblichen Vertrauensverlust in die Kerntechnik führte – der sogenannte Transnuklear-Skandal – führte auf institutioneller Ebene zur Gründung des BfS, in dem bisher verschiedenen Ministerien unterstellte Behörden zusammengefaßt wurden, um klare Verantwortungsstränge zu schaffen. Das BfS sollte künftig das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit fachlich und durch wissenschaftliche Forschung in seiner Verantwortung im gesundheitlichen und physikalisch-technischen Strahlenschutz unterstützen.

In der Öffentlichkeit wurde das BfS zunehmend eher als „Bundesamt für Endlagerung“ denn als Strahlenschutzbehörde wahrgenommen. Das hat seinen Grund. Die Entsorgung radioaktiver Abfälle, die staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen – Stichwort: Plutoniumlager Hanau – und der Transport radioaktiver Stoffe sind Themen, bei denen das BfS als Betreiber und/oder Genehmigungsbehörde tätig wird. Neben den Auseinandersetzungen um die gesellschaftlich höchst umstrittenen Endlagerprojekte Gorleben, Schacht Konrad und Morsleben sind andere Aufgaben – wie die fachliche Unterstützung des Bundesumweltministeriums bei der kerntechnischen Sicherheit – zumindest in der öffentlichen Darstellung in den Hintergrund geraten. Dies gilt auch für den gesundheitlichen und angewandten Strahlenschutz – der dem Amt seinen Namen gegeben hat.

Zur Reduzierung der Strahlenbelastung der Bevölkerung leistet die Umsetzung internationaler Empfehlungen und Normen einen wichtigen Beitrag. Die maßgebenden Entwicklungen beim Schutz vor ionisierender und nicht ionisierender Strahlung finden nach wie vor auf internationaler Ebene statt. Für uns sollten inter-

ationale Empfehlungen eher Mindestanforderungen darstellen. Es steht Deutschland nicht schlecht zu Gesicht im Strahlenschutz – wie auch auf anderen Gebieten des Umweltschutzes – eine Vorreiterrolle zu spielen. So gilt es, im meines Erachtens zu wenig beachteten medizinischen Bereich die Strahlenbelastung deutlich zu senken. Aktuell geht es darum die EURATOM-Grundnormen und die Patientenschutzrichtlinie in deutsches Strahlenschutzrecht umzusetzen. Wenn ich mich dafür einsetze, den Strahlenschutz weiterhin als wichtige Aufgabe des Amtes zu sehen, so schließt dies auch die nicht-ionisierende Strahlung ein, die vor allem durch die rasante Entwicklung der Telekommunikationstechnologie vielfache Ängste bei den Menschen auslöst. Nicht nur hier existiert noch Forschungsbedarf.

Von Behörden wie dem BfS oder etwa auch dem Umweltbundesamt, die an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik angesiedelt sind, verlangt die Neuausrichtung politischer Ziele Flexibilität und Umdenken. Sie erfordert die Bereitschaft, sich neuen Aufgaben zu stellen. Umgekehrt wird die Politik im Lichte wissenschaftlicher Erkenntnisse manchmal auch mit unbequemen Wahrheiten konfrontiert werden müssen.

Der erklärte Wille der Bundesregierung, aus der Atomenergie auszusteigen, wird in weiten Teilen der Bevölkerung als konsequenteste Form des Strahlenschutzes verstanden. Mit dem Atomausstieg werden radioaktive Emissionen im Normalbereich und mögliche unfallbedingte Freisetzungen minimiert. Und es wird die bislang ungelöste Endlagerung radioaktiver Abfälle, die für den Schutz zukünftiger Generationen die größte Herausforderung darstellt, auf das jetzt nicht mehr vermeidbare Maß begrenzt. Gerade bei der letzten Aufgabe sehe ich eine strategisch wichtige Rolle des BfS. Die Bundesregierung hat eine Neuorientierung des gescheiterten Entsorgungskonzepts der siebziger und achtziger Jahre eingeleitet. Die Erarbeitung von Standorteignungs- und -auswahlkriterien für ein Endlager als Teil eines nationalen Entsorgungsplans hat bereits begonnen. Das BfS wirkt in dem Arbeitskreis des Bundesumweltministeriums mit und ist zur Beantwortung von Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle mit sei-

nem Know-how auch zukünftig unverzichtbar, damit bei der Festlegung des Standortes für ein Endlager streng wissenschaftliche Kriterien die Entscheidung bestimmen können.

Wichtig ist mir, daß sowohl die Kriterienfindung als auch die Standortentscheidung nicht in abgeschlossenen Wissenschaftlerkreisen, sondern in einem offenen Diskussionsprozeß mit den Betroffenen erfolgen. Wenn vorhandene Ängste und Kritik der Bevölkerung ernst genommen werden, erwarte ich auch weitgehende Akzeptanz für unvermeidbare Belastungen. Das gilt auch für atomare Zwischenlager, die im neuen Entsorgungskonzept eine bedeutende Rolle spielen, und für CASTOR-Transporte, die – wenn auch in reduzierter Form – zunächst weiterhin notwendig sind. Bei der Gewährleistung der Sicherheit hat das Bundesamt für Strahlenschutz als Genehmigungsbehörde eine wichtige Rolle. Mindestens ebenso wichtig sind dabei jedoch die Aufsichtsbehörden auf Länderebene bzw. das Eisenbahnbundesamt bei der Aufsicht für Schienentransporte. Letztlich verantwortlich sind jedoch die Betreiber der kerntechnischen Anlagen selbst. Abstriche bei der Sicherheit von Transporten kann es dabei ebenso wenig geben wie beim Betrieb der Kernkraftwerke während der Restlaufzeiten.

Jenseits der Ausstiegsdebatte ist es von enormer Bedeutung, daß hochqualifiziertes Personal gerade auch für den Zeitraum der Restlaufzeiten, Stilllegung und Rückbau von kerntechnischen Anlagen zur Verfügung steht. Und daß somit u. a. gewährleistet werden kann, daß Atomkraftwerke bis zu ihrer Stilllegung mit einem Höchstmaß an Sicherheit und mit geringstmöglichen radiologischen Belastungen für Beschäftigte, Bevölkerung und Umwelt betrieben werden und anschließend abgerissen werden können. Es darf in keiner Phase zu einem sicherheitstechnischen Defizit oder gar Rückschritt kommen. Der Maßstab für die kerntechnischen Sicherheitsanforderungen muß der Stand von Wissenschaft und Technik sein. Dieses heißt aber auch, daß alle Verantwortlichen einschließlich des BfS sich dafür einsetzen müssen, daß dieses Personal auch weiterhin bedarfsgerecht aus- und weitergebildet wird.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Vorwort des Präsidenten

Die Schwerpunkte der Arbeit des Jahres 1998 finden eilige Leserinnen und Leser in der nachfolgenden Zusammenfassung. Ich möchte an dieser Stelle keinen Bereich besonders hervorheben. Statt dessen nutze ich die Gelegenheit, meinem Amtsvorgänger, unter dessen Leitung diese

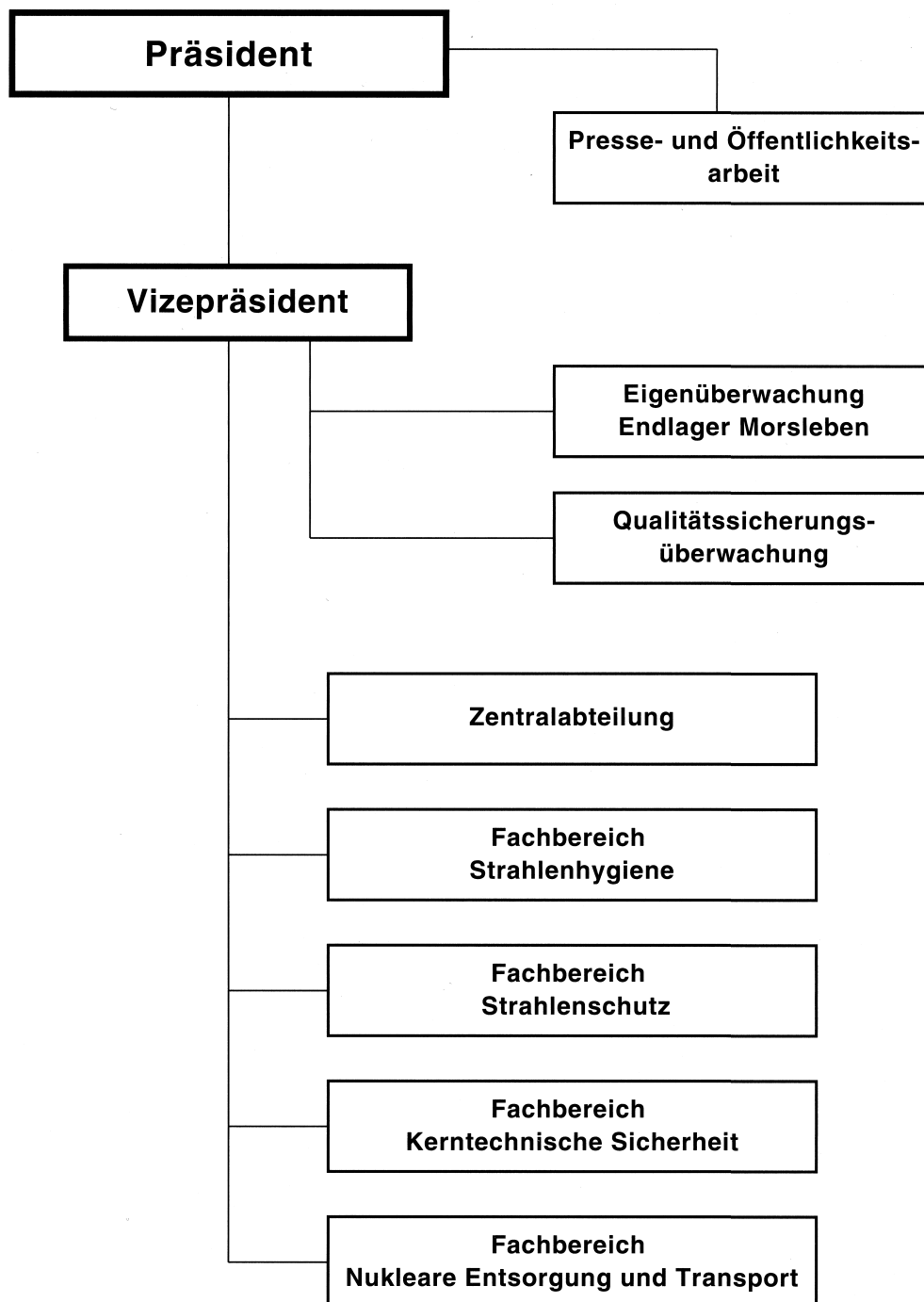
Arbeiten noch standen, zu danken. Prof. Dr. Alexander Kaul hat die Gründungsphase des BfS geprägt und ist im Februar 1999 altersbedingt ausgeschiedenen. Ich werde – und hier bestehen durchaus Gemeinsamkeiten – voraussichtlich manches Mal wissenschaftliche Bewertungen

öffentlich machen müssen, die nicht bei allen auf Zustimmung oder gar Beifall stoßen. Darin sehe allerdings auch eine wichtige Aufgabe einer die Politik beratenden Behörde.

Wolfram König

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Aufbau



Das Bundesamt für Strahlenschutz

Standorte des BfS und seiner Außenstellen

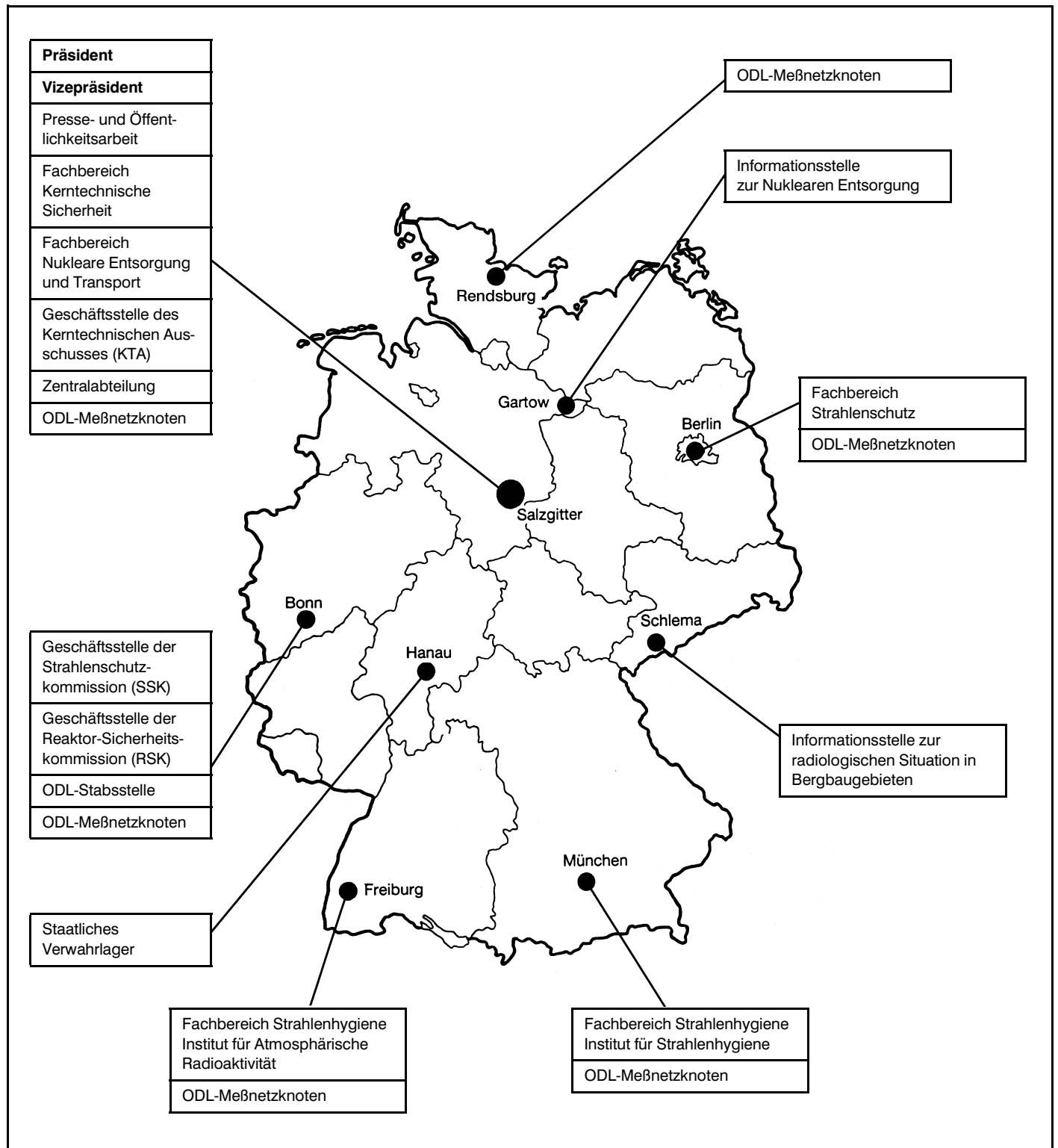


Abbildung A-1

Standorte des Bundesamtes für Strahlenschutz und seiner Außenstellen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Schwerpunkte der Arbeit 1998

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 (ISH) und für Atmosphärische Radioaktivität (IAR) seien folgende Arbeitsschwerpunkte genannt:

- Für die Deutsche Uran-Bergarbeiterstudie konnte die Erhebung der Arbeitsanamnesen und Gesundheitsdaten für die 60.000 ehemaligen Wismut-Beschäftigten abgeschlossen werden. Die jetzigen Aktivitäten dienen der Klärung des Vitalstatus aller Kohortenmitglieder, mit dem Ziel festzustellen, ob der einzelne lebt oder verstorben ist und ggf. an welcher Ursache. Ein weiteres in sich abgeschlossenes Teilprojekt ist die retrospektive individuelle Expositionsermittlung für die Alphastrahlung des Radons und seiner Folgeprodukte sowie für die externe Gamma-Strahlung und chemische Noxen wie Rauchen, Stäube und Arsen für jeden der 60.000 Probanden. Weitere Bestrebungen dienen der Verbesserung der Datenbasis der Expositionsdaten, indem die individuellen Expositionsdaten für die Region Thüringen erworben und die Strahlenschutz-Jahresberichte der SDAG Wismut nutzbar gemacht werden.
- Weitere Aufgaben für das BfS ergeben sich im medizinischen Bereich aus den Forderungen der Patientenschutzrichtlinie 97/43 EURATOM. Das BfS soll die

diagnostischen Referenzwerte sowohl in der Nuklearmedizin als auch in der Röntgendiagnostik ermitteln und veröffentlichen. Für die Nuklearmedizin wurde begonnen, als Grundlage für diese Aufgabe eine Sammlung von national und international üblichen Werten der applizierten Aktivität für verschiedene Diagnoseverfahren und Radiopharmaka zu erstellen. Für die Röntgendiagnostik erhebt das BfS Dosiswerte und erarbeitet einen Vorschlag zur Umsetzung in der Röntgenverordnung.

- Das ISH ist Sitz des Strahlenschutzregisters, das die Aufgabe hat, Daten aus der Strahlenschutz-Überwachung von beruflich strahlenexponierten Personen zu erfassen, personenbezogen zu speichern und zu bewerten. Derzeit zählen in Deutschland etwa 340 000 Menschen zum beruflich strahlenexponierten Personal. Die Strahlendosen von 95 Prozent dieses Personenkreises werden inzwischen vom Strahlenschutzregister erfaßt. Außerdem wird die Ausgabe von Strahlentrassen registriert. Im Strahlenschutzregister werden die Daten von zahlreichen verschiedenen Stellen zusammengefaßt. Oft ergibt sich bei der Zusammenstellung von Daten ein Problem, wenn die gleiche Person von verschiedenen Stellen unterschiedlich beschrieben wird. Dies kann dazu führen, daß Dosis-Grenzwertüberschreitungen nicht bemerkt oder Strahlentrassen doppelt ausgegeben werden. Ein Personen-Identifizierungssystem, das mit ausreichender Sicherheit die berufliche Strahlenexposition bestimmten Personen zuordnet und dennoch dem Datenschutz Rechnung trägt, wurde im ISH entwickelt, um derartige Fehler zu vermeiden. Radioaktive Stoffe, die bei der Arbeit in den Körper gelangt sind, können ebenfalls Strahlenexpositionen bewirken; entsprechende Meßdaten darüber sollen künftig auch im Strahlenschutzregister erfaßt werden.
- Die Leitstelle für Inkorporationsüberwachung des BfS ist unter anderem zuständig für die Qualitätssicherung bei der physikalischen Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdo-

sen aus inkorporierten Radionukliden. Das Ziel ist eine einheitliche Ermittlung der inneren Strahlenexposition, insbesondere bei beruflich exponierten Personen, und der daraus folgenden Dosen, die im Strahlenschutzregister bilanziert werden. Für diese Qualitätssicherung führte die Leitstelle einen Ringversuch durch bei in-vivo Meßstellen mit 31 teilnehmenden Laboratorien (Testobjekt war ein homogen beladenes Ganzkörperphantom mit den Radionukliden Cs-137, Co-60, K-40) und drei bei in-vitro Meßstellen mit je 10 Teilnehmern (Probenmaterial war jeweils Urin, versetzt mit Tritium, C-14, bzw. Th-232). Die Ergebnisse der in-vivo Meßstellen in Deutschland entsprechen denen des Ringversuchs von 1995/96 in 19 europäischen Ländern. Die künstlichen Radionuklide Co-60 und Cs-137 wurden durchwegs identifiziert und deren Aktivität im Rahmen des Akzeptanzkriteriums in 90 Prozent der Fälle richtig ermittelt. Bei den in-vitro Ringversuchen erfüllten alle Teilnehmer die Akzeptanzkriterien der Richtlinie über Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen. Dies zeigt, daß die Inkorporationsüberwachung in Deutschland zufriedenstellende Ergebnisse liefert.

- Um den Schutz eines Säuglings besser zu gewährleisten, wurden umfangreiche Studien zum Transfer von Radionukliden in die Milch der Mutter durchgeführt und die daraus resultierende Strahlenexposition eines Babies abgeschätzt. Die Analysen umfassen die Kontamination der Muttermilch nach einer Applikation von Radiopharmaka, durch Verzehr kontaminierter Nahrung und durch Inhalation. Die Ergebnisse dieser Studien werden derzeit zur Fortschreibung der „Allgemeinen Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer“ (Richtlinie zu § 45 StrlSchV) benötigt. Nach den neuen EU-Grundnormen soll zukünftig auch die Strahlenexposition eines Säuglings berechnet werden. Dazu wurden die entsprechenden biokinetischen Modelle und Übergangsparameter Nahrung/Muttermilch erarbeitet.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Schwerpunkte der Arbeit 1998

- Die Fachgebiete „Nichtionisierende Strahlung“ (NIR) erfassen und bewerten die weltweiten Forschungsaktivitäten im Bereich NIR unter strahlenhygienischen Gesichtspunkten und unterhalten zu diesem Zweck eine Datenbank, die kontinuierlich aktualisiert wird. Eigene Forschungsaktivitäten werden bei besonders aktuellen Fragestellungen durchgeführt. Dazu gehört die Untersuchung eines möglichen Einflusses der Mikrowellenexposition durch Mobilfunktelefone auf die Gehirnstromaktivität, die in Kooperation mit dem Klinikum Großhadern (LMU München) durchgeführt wurde. Diese Studie zeigte, daß die Exposition durch kommerziell erhältliche Mobilfunktelefone weder das Ruhe-EEG noch durch Reize evozierte Hirnpotentiale beeinflusst.
- Die auf der Station Schauinsland betriebenen Einrichtungen des IAR zur Spurenanalyse sind Vorbild für die technische Ausstattung der 80 Aerosolmeßstationen des globalen Radionuklidmeßnetzes, das der Verifikation des umfassenden Kernwaffenteststoppabkommens dient. Nach den Festlegungen des Abkommens ist die Station Schauinsland Bestandteil dieses Meßnetzes. Sie wurde vom Technischen Sekretariat der Vertragsorganisation in Wien (PTS) überprüft und als geeignet zugelassen. Außerdem wurde von Seiten des PTS entschieden, daß die Station zusätzlich mit Meßeinrichtungen zur Überwachung der Edelgasaktivität der Luft ausgestattet wird. Die Betriebsparameter der Radionuklidmeßeinrichtungen sowie die Spezifikationen für die Abnahme wurden im Zusammenwirken mit dem PTS verbindlich festgelegt. Die Beschaffung der Aerosolmeßeinrichtungen wurde eingeleitet.
- Die AG IMIS-IT hat die Errichtung bzw. den Ausbau des IRIS-Systems in der Russischen Föderation weiter vorangetrieben. Zum Teil werden diese Aktivitäten zukünftig durch die Kommission der Europäischen Union im Rahmen des TACIS-Programms finanziert. Das betrifft z. B. die Einrichtung von Frühwarnmeßbringen um die Kernkraftwerke Kursk, Kalinin und Balakovo und die

Bemühungen der EU zur Schaffung eines Europäischen Datenverbunds für die Zwecke des Notfallschutzes.

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

- Zur Ermittlung der bergbaubedingten Umweltradioaktivität wird das Projekt „Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten“ durchgeführt. Hauptziele dieses Projektes sind Übersichten über Arten und Anzahl bergbaulicher Objekte und bergbaulich beeinflusster Flächen und deren radioaktive Kontamination sowie die Identifikation der Objekte und Flächen, für die aus Strahlenschutzgründen Sanierungsmaßnahmen erwogen werden sollten und für die deshalb Einzelfallentscheidungen auf der Grundlage standortspezifischer Prüfungen erforderlich sind. Um einerseits mögliche Expositionsschwerpunkte, für die derartige Prüfungen vordringlich sind, und um andererseits die Fälle, für die im gegenwärtigen Zustand und bei gegenwärtiger Nutzung Sanierungsmaßnahmen nicht erforderlich sind, so schnell wie möglich zu erkennen, wurde das Projekt als Stufenprogramm durchgeführt. Die letzte Bearbeitungsstufe wurde 1998 abgeschlossen. Zur Speicherung der Untersuchungsergebnisse und deren Bewertung wurde das Fachinformationssystem bergbaubedingte Umweltradioaktivität (FbU) entwickelt. Zur Zeit stehen die Fertigstellung der umfangreichen Abschlußberichte und die Erprobung des FbU im Mittelpunkt der Arbeiten.
- Um Regionen auszuweisen, in denen vor allem aus geologischen Gründen aber auch bergbaubedingt im Untergrund mit einem erhöhten Radonvorkommen und deshalb auch häufiger mit erhöhten Radonkonzentrationen in Gebäuden zu rechnen ist, werden Forschungsarbeiten und Meßprogramme durchgeführt. Mit dieser Zielstellung wurden im Fichtelgebirge umfangrei-

che Messungen der Konzentration von Radon in Wohnungen durchgeführt. Damit wurde in einem Gebiet mit erhöhten Radonkonzentrationen eine Datenbasis geschaffen, um geologisch-geophysikalische Verfahren zur Identifizierung von Radongebieten zu verifizieren.

- Die umfangreichen und mit vielfältigen Zielstellungen durchgeführten Untersuchungen zur Strahlenexposition durch Radon erfordern zuverlässige Radon- und Radonzerfallsproduktmessungen. Deshalb wurden die Arbeiten zur Entwicklung eines Qualitätsüberwachungssystems fortgesetzt und der Aufbau der Kalibrierkammer für Radon und Radonzerfallsprodukte als Sekundärstandard mit der Akkreditierung innerhalb des Deutschen Kalibrierdienstes abgeschlossen. Damit wird die Qualitätssicherung der Messungen von Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten gewährleistet.
- Vom Bundesamt für Strahlenschutz werden Meßsysteme für Hubschrauber vorgehalten, mit deren Hilfe nach einer störfallbedingten Freisetzung radioaktiver Stoffe aus einer kerntechnischen Anlage die schnelle und großräumige nuklidspezifische Messung der Bodenkontamination durchgeführt werden kann. Ein weiteres wichtiges Gebiet für den Einsatz von Hubschraubern für Strahlenmessungen aus der Luft ist das Aufspüren und Lokalisieren von Strahlenquellen, wie z. B. radioaktive Satellitenbruchstücke oder bei Transporten verlorene radioaktive Gammastrahler. Die Meßsysteme sind an den Standorten des Bundesamtes für Strahlenschutz in München und in Berlin jeweils in unmittelbarer Nähe zu Bundesgrenzschutz-Fliegerstaffeln untergebracht, die über entsprechend vorgerüstete Hubschrauber zur Aufnahme der Meßsysteme verfügen. Logistik und technische Verfügbarkeit werden jährlich in mehrtägigen Übungen gemeinsam mit dem Bundesgrenzschutz erprobt. Die Jahresübung 1998 fand unter Beteiligung sämtlicher Fliegerstaffeln statt. In dieser Übung wurde der zusammengefaßte Einsatz von vier Hubschraubern des Bundesgrenzschutzes, ausgerüstet mit den

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Schwerpunkte der Arbeit 1998

Meßsystemen des Bundesamtes für Strahlenschutz, zur großräumigen nuklidspezifischen Messung der Bodenkontamination nach einer störfallbedingten Freisetzung aus einer kerntechnischen Anlage geübt. Die europäische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Umweltradioaktivitätsmessungen mit Hubschraubern spielt eine wichtige Rolle und konnte in den vergangenen Jahren im Rahmen einer konzertierten Aktion der Europäischen Union vertieft werden. Langfristiges Ziel ist, neben den bisher hauptsächlich benutzten Szintillationsdetektoren auch Halbleiterdetektoren zur nuklidspezifischen Messung nach störfallbedingten Freisetzungen aus einer kerntechnischen Anlage einzusetzen.

- Vom Bundesamt für Strahlenschutz werden nach einer bundeseinheitlichen Richtlinie Kontrollmessungen zur Qualitätsüberwachung der Emissionsmessungen bei kerntechnischen Anlagen für die Bereiche Abluft und Abwasser durchgeführt. Neben Vor-Ort-Vergleichsmessungen in den einzelnen Anlagen und Parallelmessungen an Proben aus Abluft und Abwasser stellt auch die Durchführung von Ringversuchen eine wichtige Maßnahme zur Qualitätskontrolle von Emissionsmessungen dar. Auch 1998 zeigten die zahlreichen Ringversuche und Vergleichsmessungen an, daß die Emission radioaktiver Stoffe über die Abluft und das Abwasser aus deutschen Kernkraftwerken zuverlässig kontrolliert wird. Über die Ergebnisse dieser Vergleichsmessungen und über die Resultate der Ringversuche wird den Betreibern kerntechnischer Anlagen und den zuständigen Aufsichtsbehörden regelmäßig berichtet. Diese Kontrollmaßnahmen sowie Fachgespräche mit den Betreibern der kerntechnischen Anlagen, Sachverständigen, Ländervertretern und Vertretern von Gutachterorganisationen und Weiterbildungsveranstaltungen zu Fragen der Probenentnahme, Aktivitätsmessung und Auswertung von Meßergebnissen haben zu einem technisch hohen Stand der Emissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen in Deutschland geführt.

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:

- Für die nuklearspezifische Gefahrenabwehr der Bundesrepublik Deutschland wurde unter Federführung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) ein Gesamtkonzept entwickelt. Neben dem BfS waren eine Reihe von Organisationen daran beteiligt, so z. B. das Bundeskriminalamt (BKA). Ende 1998 wurde dem BMU das Konzept vorgelegt. Es ist charakterisiert durch:
 - die Einrichtung einer 24-Stunden-Rufbereitschaft,
 - die Bereithaltung von Gerät bzw. Personal zur Suche nach radioaktiven Stoffen, zur Nuklididentifizierung und Aktivitätsbestimmung, zur Risikobewertung für Entschärfer und Bevölkerung und für Maßnahmen zur Eindämmung des Risikos,
 - die Erarbeitung eines Handbuchs zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr,
 - die Durchführung von Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen und Übungen sowie die Erarbeitung von Handlungsanweisungen sowie durch
 - Forschungsarbeiten zur weiteren Vervollkommenung des Konzeptes.
- Im Auftrag des Bundesumweltministeriums wurde im Verlauf des Jahres 1998 der nationale Bericht für die erste Überprüfungstagung im Rahmen des Übereinkommens über nukleare Sicherheit gemeinsam von GRS und BfS, Fachbereich KT, erarbeitet und vom BfS redaktionell betreut. 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. Nach der Abstimmung mit der Reaktor-Sicherheitskommission und der Strahlenschutzkommission wurden die atomrechtlichen Landesbehörden und die Kernkraftwerksbetreiber beteiligt. Der Bericht ist im August 1998 vom Bundeskabinett verabschiedet und veröffentlicht worden. Ende September 1998 wurde der Bericht anlässlich des Organisationstreffens dem Sekretariat des Übereinkommens bei der IAEA übergeben.

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

- Projekt Gorleben
Im Erkundungsbergwerk Gorleben wurden die bergmännischen Arbeiten und die Arbeiten zur geowissenschaftlichen Erkundung des Salzstocks Gorleben planmäßig fortgesetzt. Im Berichtsjahr konnten wichtige Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf eine Eignungsaussage erzielt werden. Für den ersten untertägigen Erkundungsbereich konnte nachgewiesen werden, daß ausreichend große Volumina des für eine Endlagerung besonders geeigneten homogenen Steinsalzes vorliegen.
- Projekt Konrad
Das Niedersächsische Umweltministerium als Genehmigungsbehörde hat die Genehmigungsfähigkeit der Schachanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung bestätigt und die Erteilung der endgültigen Genehmigung für Mitte 1998 angekündigt. Aufgrund der Kontaminationsvorkommnisse beim Transport von Brennelementen hat die Genehmigungsbehörde das Planfeststellungsverfahren ausgesetzt.
- Projekt und Betrieb Morsleben
Aufgrund eines Gerichtsbeschlusses in einem vorläufigen Eilverfahren am 25. 09. 1998, der die Nutzung eines Teilbereichs des Endlagers untersagt, hat das BfS als Betreiber entschieden, die Einlagerung radioaktiver Abfälle im Endlager Morsleben bis auf weiteres auszusetzen. Sicherheitsbedenken gegen den Endlagerbetrieb wurden

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Schwerpunkte der Arbeit 1998

nicht erhoben. Vom 01. 01. 1998 bis zum 30. 09. 1998 wurden 19.415 Gebinde und 20 Strahlenquellen mit einem Gesamtvolumen von 5.077 m³ eingebracht, was einem mittleren monatlichen Einlagerungsvolumen von 564 m³ entspricht. Die Gesamtaktivität der im Jahr 1998 endgelagerten radioaktiven Abfälle setzt sich zusammen aus $2,0 \cdot 10^{10}$ Bq α -Aktivität und $3,4 \cdot 10^{13}$ Bq β/γ -Aktivität.

Die Erarbeitung der Genehmigungsunterlagen für die Stilllegung des Endlagers Morsleben wurde 1998 fortgesetzt.

- Genehmigungsverfahren zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen nach § 6 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.

- Beförderung von radioaktiven Stoffen

Gemäß § 23 AtG ist das BfS zuständig für die Genehmigung der Beförderung von Kernbrennstoffen und Großquellen. Im Jahr 1998 wurden insgesamt 196 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 1998 wurden 104 Zulassungen und Anerkennungen erteilt.

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

- Die Erfahrungen aus der mehr als fünfjährigen Konsolidierungsphase nach Gründung des BfS und notwendige Reaktionen auf die Maßnahmen zur „Verschlankung“ bzw. Modernisierung der öffentlichen Verwaltung sowie die zu realisierenden Stellenkürzungen waren der Auslöser für das Projekt „BfS 2000“. Gemeinsam mit den Fachbereichen wurden die Organisation

und Aufgabenstruktur des Amtes in seiner heutigen Situation erfaßt, analysiert, bewertet und ein Konzept für eine Neustrukturierung erarbeitet, das den heutigen und den über das Jahr 2000 hinausgehenden Anforderungen an eine leistungsfähige und moderne Bundesoberbehörde entspricht. Mit der Umsetzung der Neuorganisation soll nach Zustimmung des Bundesumweltministeriums umgehend begonnen werden.

- Die Integration des ODL-Meßnetzes mit 67 Mitarbeitern in sechs neuen Außenstellen – vier davon wurden in bereits vorhandene Liegenschaften des BfS eingegliedert – konnte abgeschlossen werden.

Die **Geschäftsstelle des Kerntechnischen Ausschusses KTA** hat im Berichtsjahr insgesamt 82 Sitzungen des KTA und seiner verschiedenen Unterausschüsse und Arbeitsgremien vorbereitet und betreut.

Desweiteren beteiligte sich die KTA-Geschäftsstelle an folgenden Arbeiten:

- Verfolgung der internationalen Normung und Mitarbeit in einzelnen Arbeitsgruppen,
- Umsetzung des vom KTA auf seiner 52. Sitzung beschlossenen Arbeitsprogramms „KTA 2000“,
- Erstellung von Konzepten zur Optimierung der Wiederkehrenden Prüfungen in Kernkraftwerken,
- Erfassung des kerntechnischen Regelwerkes im EDV-System.

Zu den Schwerpunkten der von der **Geschäftsstelle der Strahlenschutzkommission SSK** fachlich und organisatorisch betreuten 118 Sitzungen der Strahlenschutzkommission, ihrer Ausschüsse und Arbeitsgruppen zählten im Jahr 1998

- die Anpassung der Strahlenschutzverordnung an die neuen EU-Grundnormen,
- die Erarbeitung von Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität (Berechnungsgrundlagen – Bergbau),

- die Bewertung der Kontaminationen bei den Transporten abgebrannter Brennelemente,
- verschiedene Fragestellungen zur Wirkung der UV-Strahlung sowie elektromagnetischer Felder.

Neben den genannten Themen wurden u. a. auch Empfehlungen und Stellungnahmen zu folgenden Fragestellungen erarbeitet und von der SSK beschlossen:

- Berechnungsgrundlage für die Ermittlung von Körperdosen bei äußerer Strahlenexposition
- Grenzwerte der Oberflächenkontamination
- Nachsorge für Patienten nach Strahlenbehandlung
- Strahlenexposition von Personen durch nuklearmedizinisch untersuchte Personen
- UV-Strahlung und malignes Melanom

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

- Forschungsreaktor München II (FRM-II) – Fortsetzung der Beratung zum Genehmigungsverfahren
- Erhöhung der Lagerkapazität von Brennelement-Lagerbecken in deutschen Kernkraftwerken
- RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren (DWR)
- Im Berichtsjahr wurden zwischen RSK und der französischen Groupe Permanent Chargé des Reactors Nucléaires (GPR) die Beratungen zu den Sicherheitsanforderungen an zukünftige Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktor fortgesetzt.
- Im Oktober haben sich die nationalen Beratungskommissionen für kerntechnische Sicherheit aus Frankreich, Deutschland, Japan und den USA in Tokio mit gemeinsam interessierenden Sicherheitsfragen im Zusammenhang mit dem Betrieb von Kernkraftwerken befaßt. Insbesondere diskutierten sie spezielle sicherheitsrelevante Ereignisse

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Schwerpunkte der Arbeit 1998

nisse, die sich in den letzten Jahren in ihren Ländern ereignet haben, Methoden zur Überwachung des Sicherheitsstatus der Kernkraftwerke, die Sicherheit älterer Anlagen und deren Komponenten, Strategien für Wartung, Reparaturen und Nachrüstungen sowie Betriebserfahrungen mit Dampferzeugern. Die Kommissionen haben sich ebenfalls mit aktuellen Trends befaßt, wie der Entwicklung und der sich rasch ausbreitenden Nutzung von computergestützten Leittechnik- und Sicherheitssystemen, mit Sicherheitsfragen im Zusammenhang mit dem Einsatz hochabgebrannten Kernbrennstoffs und Mischoxidbrennstoffs (MOX), mit der Anwendung probabilistischer Sicherheitsanalysen, mit den Risiken, die mit Anlagenzuständen bei niedriger Leistung und abgeschaltetem Reaktor verbunden sind sowie mit der Sicherheit von zukünftigen Leichtwasserreaktoren.

Presse, Funk und Fernsehen wurden als ständige Gesprächspartner des Referates **Presse- und Öffentlichkeitsarbeit** in der Berichtszeit mit 18 Pressemitteilungen über das gesamte Aufgabenspektrum des BfS informiert. Schwerpunkte der Pressearbeit betrafen die gesundheitlichen Auswirkungen elektromagnetischer Felder, die aufgetretenen Kontaminationen an Transportbehältern für Kernbrennstoffe sowie die Fortschritte auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle.

- Schriftlich beantwortet wurden im Berichtsjahr etwa 5.000 Anfragen aus der Bevölkerung. Sowohl die schriftlichen als auch die telefonischen Anfragen betrafen überwiegend das Gebiet der nichtionisierenden Strahlung.
- Die Nutzung der elektronischen Medien hat sich entsprechend dem allgemeinen Trend hin zur Nutzung des Internet verschoben.
- Neu herausgegeben wurde eine Broschüre mit dem Titel „Strahlung und Strahlenschutz“, in der das gesamte Spektrum der nichtionisierenden und ionisierenden Strahlung behandelt wird. Die im Herbst mit einer Auflage von 30.000 Exemplaren erschienene Broschüre war bis zum Jahresende fast vergriffen.

- Die beiden Informationsstellen des BfS wurden auch im Berichtsjahr 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 Ressortforschungsvorhaben auf den Gebieten des Strahlenschutzes und der kerntechnischen Sicherheit. Die Ergebnisse dieser Vorhaben dienen der Erarbeitung von Strahlenschutzvorschriften 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. Im Jahr 1998 wurden dem BfS für Untersuchungen, Studien und Gutachten auf dem Gebiet des Strahlenschutzes 18,9 Mio. DM zur Bewirtschaftung zugewiesen. Für Untersuchungen zu Fragen der kerntechnischen Sicherheit, unter denen die Themenbereiche Reaktorsicherheit, Kernbrennstoffkreislauf, Entsorgung und Transport zusammengefaßt sind, standen 46 Mio. DM zur Verfügung. Das Finanzvolumen für die internationale Zusammenarbeit auf den Gebieten der Reaktorsicherheit und des Strahlenschutzes, einschließlich der Maßnahmen zur regulatorischen Unterstützung der MOE-Staaten und der GUS, belief sich auf 6,8 Mio. DM. Vom BfS wurden insgesamt mehr als 200 Einzelmaßnahmen aus der Ressortforschung, die zum überwiegenden Teil eine mehrjährige Laufzeit besitzen, fachlich betreut und verwaltungsmäßig bearbeitet. Typische Themenfelder, die im Rahmen der Ressortforschung zur Reaktorsicherheit bearbeitet werden, betreffen die anlagenübergreifende Auswertung der Betriebserfahrung, Werkstofffragen, die methodische Weiterentwicklung der probabilistischen Sicherheitsanalyse sowie präventive und mitigative Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes. Thematische Schwerpunkte der Ressortforschung auf dem Gebiet des Strahlenschutzes liegen in der Untersuchung der Wirkungen und Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung, der Strahlenexposition durch Radon, der Verbesserung radioökologischer Datenbasen und Modelle sowie

in Untersuchungen zur somatischen und genetischen Wirkung der Strahlenexposition. Die Planung, die fachliche und administrative Vorbereitung, Vergabe, Begleitung sowie die fachliche Bewertung der Ergebnisse der Forschungsvorhaben sind Aufgaben des BfS.

In der Zeit vom 26. bis 28. Oktober 1998 fand eine wissenschaftliche Begutachtung des Fachbereichs Strahlenhygiene – Institute für Strahlenhygiene und Atmosphärische Radioaktivität – durch eine international besetzte Gutachterkommission unter Mitwirkung des Wissenschaftlichen Beirats der Fachbereiche Strahlenhygiene und Strahlenschutz statt. Ziel der Begutachtung waren die Programme der anwendungsorientierten wissenschaftlichen Forschung und der Forschung mit administrativem Bezug und deren Relation zu den Amtsaufgaben, Fragen der Struktur und Kooperationsbeziehungen des Fachbereiches sowie die Bewertung der wissenschaftlichen Publikationen der Mitarbeiter. Der Bericht der Gutachterkommission würdigt die fachliche Qualifikation der Mitarbeiter des Fachbereiches und die Qualität ihrer Arbeit, insbesondere unter Berücksichtigung der Tatsache, daß für die Bearbeitung des außergewöhnlich breiten Spektrums von Aufgaben eine vergleichsweise kleine Zahl von wissenschaftlichen Mitarbeitern für die einzelnen Aufgabengebiete zur Verfügung steht.

Das Verhältnis von nach außen vergebener Forschung und Forschung im eigenen Hause wurde als ausgewogen eingeschätzt. Insbesondere wurden die Bemühungen des BfS unterstützt, Forschungsmittel, z. B. aus Verträgen mit der Europäischen Union, einzuloben, um jungen Wissenschaftlern über Zeitverträge die Arbeit im Bereich des Strahlenschutzes zu ermöglichen.

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

- Epidemiologie gesundheitlicher Auswirkungen der Atombombentests in Kasachstan und der Altai-Region
- Fortgang der Deutschen Uranbergarbeiterstudie

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Schwerpunkte der Arbeit 1998

- Retrospektive Expositionsermittlung (Job-Exposure-Matrix – JEM) für Beschäftigte im Bergbau
- Verbrennung kontaminierter Abfälle in konventionellen Müllverbrennungsanlagen – Weiterentwicklung radioökologischer Modelle
- Erfassung von Immissionsdaten mit dem IMIS
- Weiterentwicklung des Fachinformationssystems zur bergbaubedingten Umweltradioaktivität (FbU)
- Beteiligung des IAR am Aufbau des Internationalen Meßsystems zur Verifikation des umfassenden Kernwaffenteststoppabkommens
- Weitere Überwachung des atmosphärischen Pegels von Kr-85 zur Kalibrierung globaler Transport- und Klimamodelle
- Erstellung und Veröffentlichung diagnostischer Referenzwerte durch das BfS
- Physikalische Strahlenschutzkontrolle, Forschungsarbeiten am Ganzkörperzähler des BfS
- Einrichtung einer zentralen Meldestelle für besondere Vorkommnisse bei der

Handhabung und beim Transport radioaktiver Stoffe sowie beim Betrieb von Beschleunigern

Wie im Jahr 1997 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 und Medizinprodukte, der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit und dem GSF-Forschungszentrum Umwelt und Gesundheit. Besonders enge wissenschaftliche Zusammenarbeit pfleg-

te das BfS mit dem National Radiological Protection Board (NRPB), England, dem Institut de Protection et de Sécurité 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.

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
(Präsident des BfS bis zum 28. 02. 1999)

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 Info-stellen in Gartow und Schlema,
- Vorträge,
- Journalistengespräche sowie
- Rundfunk- und Fernsehinterviews.

Pressemitteilungen

In der Berichtszeit erschienen 18 Pressemitteilungen zu aktuellen Tagesfragen.

Medienkontakte

Das BfS wird von den Medien intensiv um Auskunft zu aktuellen Fragen im Bereich der Amtsaufgaben gebeten. Zahlreiche Interviews fanden mit Mitarbeitern des BfS statt. Ein Schwerpunkt des Interesses der Medien war im Berichtszeitraum ähnlich wie im Vorjahr gerichtet auf die gesundheitlichen Wirkungen elektromagnetischer Felder von Mobilfunkanlagen und Hochspannungsleitungen sowie auf Vorbeugung und Schutz vor gesundheitlichen Wirkungen der ultravioletten Strahlung.

Ein weiterer Schwerpunkt betraf die aufgetretenen Außenkontaminationen an Transportbehältern für abgebrannte Brennelemente.

Die Pressearbeit wird standortbezogen auch von den Informationsstellen Gartow und Schlema durchgeführt.

Die Medienkontakte in der Informationsstelle Gartow stiegen an, als die Außenkontaminationen der Brennelementtransportbehälter bekannt wurden. Mit wechselnden Schwerpunkten im Verlauf des Jahres konzentrierten sich die Anfragen der Medienvertreter auf die Transporte abgebrannter Brennelemente zu den Wiederaufarbeitungsanlagen im Ausland und zu den Brennelementzwischenlagern Gorleben und Ahaus. Weitere Themen betrafen die Erkundungsarbeiten zum Erkundungsprojekt Salzstock Gorleben sowie die rechtliche Situation und die Klageverfahren einschließlich der Erlangung der Salzrechte im Rahmen des Erkundungsprogramms.

T-Online und Internet

Das BfS ist seit Mai 1996 Anbieter in T-Online, dem Online-Dienst der Telekom, unter 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 auch im Berichtsjahr durch umfangreiche Berichte im Volltext wesentlich erweitert. Im T-Online dagegen wurde das Angebot wegen des stark rückläufigen Interesses reduziert.

Im T-Online waren in der Berichtszeit rund 3.500 Zugriffe zu verzeichnen. Im Internet betrug die Anzahl der Zugriffe auf die Homepage (Hits) rund 55.000 bei einer von Monat zu Monat steigenden Tendenz.

Bürgertelefon

Der telefonische Service mit der seit Januar 1998 neuen Rufnummer 0800/885-1111 widmete sich im Berichtsjahr folgenden Themen:

- Sind Schmucksteine radioaktiv?
- Hautbräunung in Solarien.
- CASTOR-Transporte.
- Zum Umgang mit Laserpointern.
- Sonnenschutz und UV-Index.
- Sonnenschutz im Urlaub.
- Magnetfelder im Alltag deutlich unter dem Grenzwert.

Insgesamt nutzten über 8000 Bürger diesen Service. Die Zahl der monatlich registrierten Anrufe schwankte erheblich. Das größte Interesse fand der Beitrag zum Thema „Sind Schmucksteine radioaktiv?“ mit mehr als 1300 Anrufen im Januar.

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

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Neben dem UVI ergänzen Schutzhinweise, Informationen über verschiedene Hauttypen und saisonale Hinweise zur UV-Strahlungssituation das Angebot. Persönliche Schutzmaßnahmen können daraus individuell abgeleitet werden. Für verschiedene Regionen der Welt sind monatliche höchste UVI-Werte über ein ganzes Jahr aufgelistet; damit wird auf die UV-Belastung in Fernreisegebieten hingewiesen.

Darüber hinaus wurde das Thema UV-Strahlung in 4 Pressemitteilungen und 4 Monatsbeiträgen des BfS-Bürgertelefons aufgegriffen.

Beantwortung von Anfragen

4996 Anfragen hat das Referat im Berichtsjahr beantwortet, die per Post und zunehmend per eMail das Amt erreichten. Diese kamen aus allen Kreisen der Bevölkerung, von kommunalen Gremien, Lehrern, Schülern, Verbänden und Medien. Neben der Anforderung von Informationsmaterial hinterfragte die Bevölkerung insbesondere mögliche Auswirkungen von niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern, von Handys und Mikrowellenkochgeräten auf Gesundheit und Wohlbefinden.

Info- und Faltblätter, Poster

Vom BfS werden zu häufig nachgefragten Themen Kurzinformationen in Form von Infoblättern herausgegeben. 1998 wurden drei Infoblätter neu erarbeitet bzw. aktualisiert. Die Gesamtauflage betrug 55.000 Exemplare. 6 Poster wurden aktualisiert bzw. neu aufgelegt (26.500 Exemplare). Insgesamt wurden im Berichtsjahr über 92.000 Faltblätter gedruckt und kostenlos abgegeben. Dabei wurden über die bundesweite Monatszeitschrift des BUND „Globus“ über 6 Monate insgesamt 90.000 Exemplare der StrahlenThemen als Einlageblatt eingeklebt verteilt. Im 4.

Quartal war eine erhöhte Nachfrage nach der vom BfS neu herausgegebenen Broschüre „Strahlung und Strahlenschutz“ zu verzeichnen. Insgesamt wurden etwa 26.000 Exemplare überwiegend von Schulen, Universitäten und Fachhochschulen, Umweltbeauftragten und Verbänden, aber auch von Privatpersonen angefordert. Es wurden 1998 insgesamt 270.000 Broschüren nach- bzw. neu gedruckt.

Messen und Ausstellungen

An folgenden vier Messen und zwei Ausstellungen beteiligte sich das BfS im Berichtsjahr:

Interschul 98

Vom 16. bis 20. Februar 1998 fand in Dortmund die europäische Bildungsmesse Interschul zum letzten Mal statt. Das BfS präsentierte sich vor den 67.404 Besuchern der Messe mit dem Schwerpunktthemen „Nichtionisierende Strahlung“, „Aufgaben des Amtes“, „Endlagerung radioaktiver Abfälle“. Ein PC-Arbeitsplatz der den Besuchern den Zugang zu den Internetseiten des BfS erlaubte und eine Videopräsentation der BfS-Filme rundeten das Informationsangebot ab.

Envitec 98

Zum ersten Mal beteiligte sich das BfS an der Envitec 98 vom 2. bis zum 6. März in Düsseldorf. Diese Fachmesse zum Thema „Umwelttechnologie“ diente dem BfS als Plattform für die Präsentation seiner Aufgaben im Bereich „Endlagerung radioaktiver Abfälle“, „IMIS“, und „A.LAS.KA“. Allgemeine Informationen der Aufgaben des BfS und der mögliche Zugang für die Besucher zu den Internetseiten des BfS ergänzten das Angebot. Die auf Fachleute ausgerichtete Messe wurden von 30.000 Besuchern frequentiert.

Hannover Messe Industrie

Wie in den vergangenen Jahren hat sich die Fachmesse „Forschung und Technologie“ im Rahmen der Hannover Messe

Industrie vom 20. bis 25. April als Plattform für BfS-Präsentationen bestens bewährt. Auf dem mit 42 m² etwas kleineren Messestand zeigte das BfS die grundlegenden Informationen zu den Themen „Endlagerung radioaktiver Abfälle“, „IMIS“ und anderen Aufgaben des Amtes. Die Möglichkeit, Gegenstände aus dem Alltag auf Radioaktivität hin zu messen fand – auch zum Einstieg in ein tiefergehendes Gespräch – guten Anklang.

Entsorga 98

Ebenfalls wie zur Envitec beteiligte sich das BfS erstmalig an der Entsorga vom 12. bis 16. Mai. Die Fachmesse zum Thema „Entsorgung von Abfällen, Depo-nietechnik, Handhabungstechnik“ bot dem BfS die Möglichkeit auf die Projekte Gorleben und Schachtanlage Konrad sowie auf das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben aufmerksam zu machen. Bei den Besuchern der Messe – ausschließlich Fachbesucher – wurde das Informationsangebot des BfS ausgezeichnet angenommen.

Distec 98

Zur erstmalig stattfindenden „International Conference on Radioactive Waste Disposal“ vom 9. bis 11. September in Hamburg präsentierte sich das BfS in der begleitenden Ausstellung mit einem Messestand. Die Möglichkeiten tiefergehende Gespräche mit den BfS-Konferenzteilnehmern und auch Vortragenden wurde von den Konferenzteilnehmern gut genutzt.

Ständige Ausstellung im BfS-Gebäude Salzgitter-Lebenstedt

Diese werktäglich geöffnete Ausstellung wurde gut angenommen und sowohl von Einzelpersonen als auch von zahlreichen Gruppen besucht. Besonders für Besuchergruppen bietet die Ausstellung eine hervorragende Vorbereitung für anschließend stattfindenden Vorträge. Aktualisierte Ausstellungstafeln geben einen Überblick über die Aufgaben des Amtes und ein POI (Point of Information) läßt auch den online-Zugriff auf die Internetseiten des BfS zu.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Standortbezogene Öffentlichkeitsarbeit

Gorleben

Die Informationsstelle zur Nuklearen Entsorgung in Gartow/Elbe ist für jeden Besucher innerhalb der üblichen Bürozeiten ohne Anmeldung zugänglich. Vereinbarte Besuchstermine sind auch außerhalb der normalen Öffnungszeiten und an den Wochenenden möglich. Im Berichtsjahr wurde sie von 4.057 Personen besucht. Die Besucherzahl setzte sich neben den Einzelbesuchern aus 140 Gruppen mit insgesamt 3.102 Besuchern zusammen. Schulklassen aus Niedersachsen und den angrenzenden Bundesländern sowie die zunehmende Anzahl der Lehrerfortbildungsveranstaltungen aus dem gesamten Bundesgebiet führten zum Besuch von 67 Gruppen aus dem Bildungsbereich mit insgesamt 1.709 Besuchern.

Schulkontakte

Die CASTOR-Transporte in die Zwischenlager in Gorleben und Ahaus, sowie die Außenkontaminationen der Transportbehälter, die für den Transport abgebrannter Brennelemente zu den Wiederaufarbeitungsanlagen im Ausland genutzt werden, sorgten auch im Landkreis Lüchow-Danenberg 1998 für entsprechende Schlagzeilen und stellten ein wichtiges Schwerpunktthema für die Besuchergruppen in Gartow. Die Informationsarbeit vor Ort konnte mit guten Ergebnissen die Diskussion um die Aktivitäten des Bundes bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle versachlichen.

Von den 67 Gruppen mit insgesamt 1.709 Besuchern aus dem Bildungsbereich waren 336 Besucher in 13 Gruppen im Rahmen von Lehrerfortbildungsveranstaltungen in Gartow. 36 Gruppen aus dem Bildungsbereich kamen aus dem unmittelbaren Umkreis der Infostelle. Hierdurch dokumentiert sich weiterhin der hohe Stellenwert der Standortinformation.

In den Schulen der neuen Bundesländer, die im näheren Umfeld der Informations-

stelle liegen, wurde der Besuch der Informationsstelle in den Unterricht integriert. Für Klassenfahrten wurden die Buskosten durch das BfS teilweise bezuschußt. Die übrigen Schulkontakte verteilten sich auf das gesamte Bundesgebiet. Die 13 Lehrerfortbildungsveranstaltungen wurden entweder durch die Schulbehörden oder durch die Initiative der Energiewirtschaft (Badenwerk, RWE, Preußen-Elektra, Schleswig) mit einem Besuch in Gartow durchgeführt.

Besuchergruppen

Die übrigen 73 Besuchergruppen mit insgesamt 1.393 Personen kamen aus unterschiedlichsten 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.

Bei den kirchlichen Gruppen wurde die Informationsstelle in die gesellschaftspolitische Arbeit mit Zivildienstleistenden integriert. Hier nahmen auch Konfirmandengruppen das Streitthema „Kernenergie“ in ihre Arbeit mit auf.

Die politischen Parteien besuchten die Informationsstelle in Gartow in Form von Ortsverbänden, Fraktionen oder als Gemeinderäte. Verstärkt wurde auch von den Nachwuchsorganisationen der Parteien das Informationsangebot wahrgenommen, wobei diese auch über die Parteigrenzen hinweg in gemischten Gruppen Besuche in Gartow organisieren, um die Diskussionsbasis zu verbreitern.

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.

Verstärkt wurde die Informationsstelle von unangemeldeten Reisebussen angesteuert, um den jeweiligen Teilnehmern eine kurze Information zum Thema „Gorleben“ zu ermöglichen. Gerade diese Gruppen waren in der Regel sehr vielschichtig zusammengesetzt und boten gute Gesprächsgrundlagen.

Informationsinhalte

Schwerpunktthemen der Informationsarbeit waren neben den CASTOR-Transporten zu den Zwischenlagern Gorleben und Ahaus – die sich hier zu einem Dauerthema entwickelten – die Problematik der kontaminierten Transporte und der Arbeitsfortschritt im Erkundungsbergwerk auf der 840 m Sohle, sowie das Einlageungsgeschehen im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM).

Zur Verdeutlichung der Aufgaben des BfS bei der Erkundung des Salzstocks Gorleben wurde zum Erkundungsprogramm eine Videodokumentation mit einer Länge von 15 Minuten erstellt. 1998 kam noch eine Videodokumentation zum Einlageungsablauf im ERAM hinzu. Beide Videodokumentationen werden in der Informationsstelle vorgeführt, können aber auch bei den Landesfilmdiensten kostenlos ausgeliehen werden.

Die Videodokumentationen haben nicht nur die Arbeitsmöglichkeiten in Gartow deutlich verbessert, sondern verbreiterten die Informationsarbeit bundesweit mit außergewöhnlichen Ergebnissen. Bis zum Ende des 4. Verleihquartals meldete die Konferenz der Landesfilmdienste für beide Filme 1.340 Vorführungen vor insgesamt 15.987 Zuschauern. Ein Ergebnis, das selbst durch BfS-Präsenz auf Messen nicht erreicht werden kann. Durch den zeitlichen Vorlauf der Videodokumentation Gorleben erreichte dieser Film einen Anteil von 60 % bei den Vorführungs- und Zuschauerzahlen. Mit Bezug auf die letzten 6 Monate steigt jedoch die Zuschauerquote bei der Videodokumentation zum ERAM deutlich an.

Überwiegend wurde der Film von Bildungseinrichtungen entliehen. Die Eignung des Films wurde von den Ausleihenden in den Auswertungen, die quartalsweise

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

detailliert von den Landesfilmdiensten durchgeführt wurden, zu 83,43 % mit gut bis sehr gut, zu 8,96 % mit mittel und zu 7,61 % mit wenig bzw. schlecht geeignet bewertet. Das Ausleihergebnis übersteigt bei weitem die anfänglichen Erwartungen. Die Zusammenarbeit mit der Konferenz der Landesfilmdienste führte auch deutlich zu einer Steigerung der Nachfragen nach zusätzlichem Informationsmaterial, das auf Anforderung kostenlos von unserer Informationsstelle in Gartow versandt wurde.

Das Informationsangebot in der ständigen Ausstellung in den Räumen der Informationsstelle wurde auch 1998 den wechselnden Bedürfnissen der Besucher angepaßt und überarbeitet.

Erkundungsbergwerk Gorleben

Das Bergwerk Gorleben wurde von rund 300 Besuchergruppen mit insgesamt 4.249 Personen besucht. Die Bürger konnten sich vor Ort über den Fortgang der Erkundungsarbeiten informieren und wurden dabei überwiegend von der DBE betreut. Auf spezielle Anforderung standen bei ausgewählten Besucherfahrten auch BfS-Vertreter für die Beantwortung interessierender Fragen bereit.

Konrad

1998 besuchten insgesamt 196 Gruppen mit 2.366 Teilnehmern die Schachtanlage Konrad, davon zahlreiche Gruppen von Verbänden oder Vereinen und mit Schülern 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-Mitarbei-

ter die Grubenfahrt und standen in der Diskussion zur Verfügung.

Morsleben

Im vergangenen Jahr nutzten 2.316 Personen in 199 Gruppen die Möglichkeit, sich vor Ort über das Endlager für radioaktive Abfallstoffe (ERAM) zu informieren. Einen großen Prozentsatz der Gruppen bildeten Vereine/Verbände, Schüler und Studenten.

Schlema

Die Informationsstelle zur radiologischen Situation in Bergbaugebieten des Bundesamtes für Strahlenschutz in Schlema besuchten im Berichtsjahr 2.437 Personen. Informiert wird über den Stand der Erfassung, Untersuchungen und Bewertung bergbaulicher Hinterlassenschaften, das Problem erhöhter Radonkonzentrationen in Gebäuden sowie über Auswirkungen erhöhter Strahlenexpositionen auf die Gesundheit. Damit ist ein Anstieg der Besucherzahlen sowohl bei Einzelbesuchern als auch bei Besuchergruppen zu verzeichnen.

Auch in diesem Jahr wurden wieder eine Reihe ausländischer Gäste betreut, deren Ziel es war, sich ein Bild von der Dimension der bergbaulichen Hinterlassenschaften sowie den damit verbundenen radiologischen Problemen zu machen. Hier fand insbesondere die vom BfS in diesem Bereich betriebene Öffentlichkeitsarbeit das Interesse der Besucher. Höhepunkt in diesem Bereich war die teilweise Verlegung des 34. Berlinskolloquiums nach Schlema.

Mit Vorträgen und Ausstellungen im Rahmen der Umweltwoche des Vogtlandkreises und anlässlich des Tages des Bergmanns wurde der Bekanntheitsgrad der Informationsstelle in der Bevölkerung weiter erhöht.

Weiter ausgebaut wurden auch die Schulkontakte der Informationsstelle. So wurden Schülerprojekte in Dresden und Ronneburg unterstützt.

Die Fragen von Einzelbesuchern konzentrieren sich auf folgende Schwerpunkte:

- Radiologische Situation durch bergbauliche Hinterlassenschaften im Wohnumfeld.
- Messung der Radonkonzentration in Gebäuden und Bewertung der Ergebnisse.
- Bewertung erhöhter Radonkonzentrationen in Wohnräumen und Erkenntnisfortschritt der Forschung auf diesem Gebiet.
- Möglichkeiten und Erfahrungen zur Reduzierung erhöhter Radonkonzentrationen.

Ungebrochen ist das Interesse der Bevölkerung bezüglich der Auswirkungen des Wismut-Bergbaus auf die Umwelt, des Sanierungsfortschritts sowie der Auswirkungen auf ehemalige Beschäftigte. Hier häuften sich im Berichtsjahr Anfragen zur Anerkennung strahlenbedingter Berufskrankheiten. Im Mittelpunkt standen dabei Fragen zu dosimetrischen Größen, Bewertung von Strahldosen sowie Strahlenwirkungen insbesondere bei extrapulmonaren Krebserkrankungen, die von den Berufsgenossenschaften nicht als Berufskrankheiten anerkannt wurden.

Weitere Anfragen betrafen die neuen Grundnormen der Europäischen Union zum Strahlenschutz. Zu diesem Problemkreis fand für Interessenten in Schlema ein Workshop statt, der gut angenommen wurde.

Die Informationen über die Region betreffende Arbeiten des BMU und des BfS sind in der Bevölkerung auch weiterhin gefragt. Das gilt insbesondere Angesichts des ungebrochenen Besucherzustroms trotz teilweise durch Bauarbeiten eingeschränkter Erreichbarkeit der Informationsstelle.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

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. 04. 1986 (DBG) unter Wahrung der insbesondere im § 1 AtG festgeschriebenen Schutzziele eingehalten werden,
- nicht gegen das Atomgesetz oder der 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 03. 10. 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 1998 u. a. auf die Prüfung der Umsetzung dieser Empfehlungen sowie auf Vorgänge im

Zusammenhang mit dem laufenden Einlagerungsbetrieb.

Im Jahr 1998 wurden von der Eigenüberwachung 10 Änderungsanträge des Betreibers bearbeitet. Diesen Anträgen wurde als Änderungen der Kategorie 1 und 2 nach der Qualitätsmanagement-Verfahrensanweisung 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 1998 wurden etwa 8 m³ 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.

Die Eigenüberwachung hat an allen Freigabehandlungen von zustimmungs- und freigabepflichtigen Anlagen und Technologien mit atomrechtlicher Relevanz teilgenommen. Dies betraf u. a. Anlagen zur Strahlenschutzüberwachung, Transport- und Umschlageinrichtungen für radio-

aktive Abfälle 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.

Mit dem Beschluß des OVG Magdeburg (Sachsen-Anhalt) wurde die Einlagerung im Ostfeld des ERAM vorläufig gestoppt. Demzufolge ordnete die Eigenüberwachung an, daß sämtliche Arbeiten, die einer Rückholung der im Ostfeld eingelagerten Abfälle entgegenstehen könnten, zu unterlassen sind. Nach dem heutigen Stand wird ein Urteil im Hauptsacheverfahren voraussichtlich Anfang 1999 erwartet.

Für das geplante Endlager Konrad wurde bzgl. der Aufsicht in den nichtatomrechtlichen Gebieten nach Planfeststellungsbeschluß seitens des BMU festgelegt, daß die Bauaufsicht durch die Eigenüberwachung des BfS ausgeübt wird. Daraufhin erfolgte eine Abstimmung der im Planfeststellungsbeschluß Konrad vorgesehenen baurechtlichen Nebenbestimmungen zwischen der Eigenüberwachung und dem Niedersächsischen Umweltministerium.

Die Eigenüberwachung hatte den RW TÜV e. V. mit der Begutachtung der Vorprüfung von Unterlagen für die Errichtung, Ausführung und Inbetriebnahme der zentralen Anlage der elektrischen Energieversorgung Konrad 1 und Konrad 2 über und unter Tage beauftragt. Der Abschlußbericht des RW TÜV e. V. wurde von der Eigenüberwachung im Februar 1998 abgenommen.

Desweiteren hatte die Eigenüberwachung den TÜV Verkehr und Fahrzeug GmbH Sachsen mit der Vorprüfung von Herstellerunterlagen des Stapelfahrzeuges für das Projekt Konrad beauftragt. Der hierzu vorgelegte Abschlußbericht wurde von der Eigenüberwachung im März 1998 abgenommen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Organisationseinheit Qualitätssicherungsüberwachung

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 beschränkt.

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, sie ist nicht Teil der Organisationseinheit QSÜ.

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 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 der QM-Bewertung.

Arbeitsschwerpunkte

Im Jahr 1998 wurde mit der Vorbereitung und Durchführung der jährlichen QM-Schulung begonnen. Auf Basis der KTA 1401 ist bei der Deutschen Gesellschaft für den Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) der Betriebsteil Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben auditiert worden. Bei den durchgeführten Stichproben sind keine Abweichungen festgestellt worden.

Mit Prof. Dr. W. Willborn (Winnipeg, Kanada) und der DBE wurde der Erfahrungsaustausch über Integrierte Managementsysteme und Auditfragen und mit der Atomic Energy of Canada Limited (AECL), Pinawa, Kanada über QM-Fragen weitergeführt.

Mit der Waste Isolation Pilot Plant (WIPP), Carlsbad, New Mexico, USA ist eine Dis-

kussion über QM- und Dokumentationsfragen begonnen worden.

Die QSÜ-Auditor-Qualifikation ist im Rahmen einer DGQ-Schulung um weitere 3 Jahre bis 2001 verlängert worden.

Die Auftragnehmerliste wurde mit dem Sachgebiet „Endlagerspezifische Beschaffungen“ des BfS aktualisiert.

Die Arbeiten 1998 sind mit der Vorbereitung und Durchführung des jährlichen internen Audits abgeschlossen worden. Der diesjährige Schwerpunkt lag bei Fragen der Dokumentation und Aktenablage. Einige Empfehlungen werden im Zuge der Schulung 1999 abgearbeitet.

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 weitergeführt worden. Ziel der Arbeitsgruppe ist es, den DGQ Band 12-61 „Aufbauorganisation des Qualitätswesens“ zu überarbeiten.

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

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Projektgruppe Aufgabenplanung, Controlling

Mit Wirkung vom 15. Dezember 1997 wurde beim Präsidenten die Projektgruppe Aufgabenplanung, Controlling (PG AC) eingerichtet. In der Projektgruppe werden die von der Amtsleitung gewünschten Projekte und Aufträge koordiniert, laufende Aufgaben bewertet und neue Aufgaben geplant. Grundsatzfragen der Forschungsaktivitäten des BfS, insbesondere der Eigen- und Drittmittelforschung, werden dort ebenfalls bearbeitet. Der Leiter der Projektgruppe ist Mitglied der wissenschaftlichen Beratergruppe der Amtsleitung. Die wissenschaftliche internationale Zusammenarbeit des Amtes sowie die Durchführung von internationalen Tagungen wird bei PG AC koordiniert. Schließlich ist auch die Geschäftsstelle der Amtsleitung Teil der Projektgruppe. Sie befaßt sich u. a. mit der Auftragskontrolle und Koordinierung der Zusammenarbeit mit dem BMU und anderen Behörden und Institutionen.

Im Berichtsjahr hat die Projektgruppe AC u. a. folgende Aufgaben bearbeitet:

Koordination internationaler wissenschaftlicher Veranstaltungen

Vom 18. bis 19. November 1998 fand im BfS ein Workshop zum Thema „Strahlenschutz an Arbeitsplätzen mit natürlicher Strahlenexposition: Erfassung, Überwachung, Schutzmaßnahmen“ statt. Teilnehmer waren Vertreter von zehn europäischen Institutionen, die sich mit der Umsetzung von Titel VII der Euratom-Grundnormen in nationales Recht bzw. der Schaffung der dafür erforderlichen Voraussetzungen befassen. Präsentiert wurden die bestehende nationale Situation, die vorhandenen Erfahrungen und die Möglichkeiten der rechtlichen Regelungen in den einzelnen Ländern. Insbesondere wurden die Auswahl für den Strahlenschutz relevanter Kategorien von Arbeitsplätzen, Ergebnisse von Übersichtsmessungen und von eventuell bereits durchgeführten Routine-Überwachungsprogrammen sowie Erfahrungen mit Schutzmaßnahmen (Durchführung von Interventionen, Einführung eines geeigneten Strahlenschutzsystems, Relationen zum konventionellen Arbeitsschutz) diskutiert. Als Ergebnis des Erfahrungsaustausches wurden Übereinstimmungen

beim Herangehen an die Aufgabenstellung herausgearbeitet, aber insbesondere die Notwendigkeit einer weiteren Harmonisierung in Europa unterstrichen.

Vom 26. bis 28. Oktober 1998 fand ein Peer Review des Fachbereichs Strahlenhygiene statt. Bewertet wurden das Institut für Strahlenhygiene in Neuherberg sowie das Institut für Atmosphärische Radioaktivität in Freiburg. Die Begutachtung diente der kritischen Hinterfragung der Ziele und Aufgaben der Institute und der verwendeten Methoden und wurde durch eine sechsköpfige Expertenkommission durchgeführt, die sich aus zwei Mitgliedern des Wissenschaftlichen Beirats des BfS und aus Fachleuten des englischen National Radiological Protection Board (NRPB), des französischen Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN), des italienischen Istituto Superiore di Sanità (ISS) und der Europäischen Kommission (EC) zusammensetzte.

Im Rahmen des Austausches von Gastwissenschaftlern wurden 1998 die Arbeitsaufenthalte von Wissenschaftlern aus China, Indien, Großbritannien, Rußland und Österreich in den Fachbereichen S, ST und KT von PG AC koordiniert und betreut.

BfS aktuell

Im August 1998 ist unter der redaktionellen Leitung von PG AC die erste Ausgabe des quartalsweise erscheinenden Informationsblattes „BfS aktuell“ herausgegeben worden. Die regelmäßige Berichterstattung über jeweils aktuelle Themen aus der anwendungsorientierten Forschung, der Forschung mit administrativem Bezug und den anderen Amtsaufgaben soll dazu beitragen, die breite Öffentlichkeit zeitnah über ausgewählte Arbeitsergebnisse aus dem Aufgaben- und Verantwortungsspektrum sowie über Veranstaltungen des Amtes zu informieren.

BfS-Informationsveranstaltungen

1998 ist im BfS mit der Durchführung regelmäßiger Informationsveranstaltungen

gen am Dienort Salzgitter begonnen worden. In allgemeinverständlicher Form sollen alle hier beschäftigten Mitarbeiter über im BfS bearbeitete Schwerpunktthemen zu Fragen des Strahlenschutzes, der kerntechnischen Sicherheit, der Entsorgung und des Transports radioaktiver Stoffe sowie damit verbundener administrativer und rechtlicher Aspekte informiert werden. Bisher haben fünf Veranstaltungen zu folgenden Themen stattgefunden:

- Strahlenexposition bei CASTOR-Transporten;
- Behandlung und Management schwerer Strahlenunfälle am Beispiel des Geschehens in Goiânia, Brasilien, September 1987 – dosimetrische und medizinische Aspekte;
- Gesundheitliche Aspekte der Wirkung von UV-Strahlung auf den Menschen;
- Grundzüge und ausgewählte Bereiche des Bundeshaushaltsrechts;
- Strahlenschutzprobleme im Zusammenhang mit bergbaulichen Hinterlassenschaften.

Die Reihe der Informationsveranstaltungen wird auch 1999 fortgesetzt.

BfS-PTB-Kolloquien

Die gemeinsamen wissenschaftlichen Kolloquien zwischen dem BfS und der Abteilung 6 „Atomphysik“ der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig wurden im Jahr 1998 fortgeführt. Es fanden insgesamt sechs Kolloquien mit je einem Vortrag aus dem BfS und der PTB zu den folgenden Themen statt:

- Die EURATOM-Grundnormen für den Strahlenschutz 1996 – Auswirkungen auf das deutsche Strahlenschutzrecht; Konsequenzen der Einführung der neuen Strahlenschutz-Meßgrößen in Deutschland
- Evaluation von Zerfallsdaten von Radionukliden – ein internationales Projekt; BfS-Konzept zur Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr

Das Bundesamt für Strahlenschutz

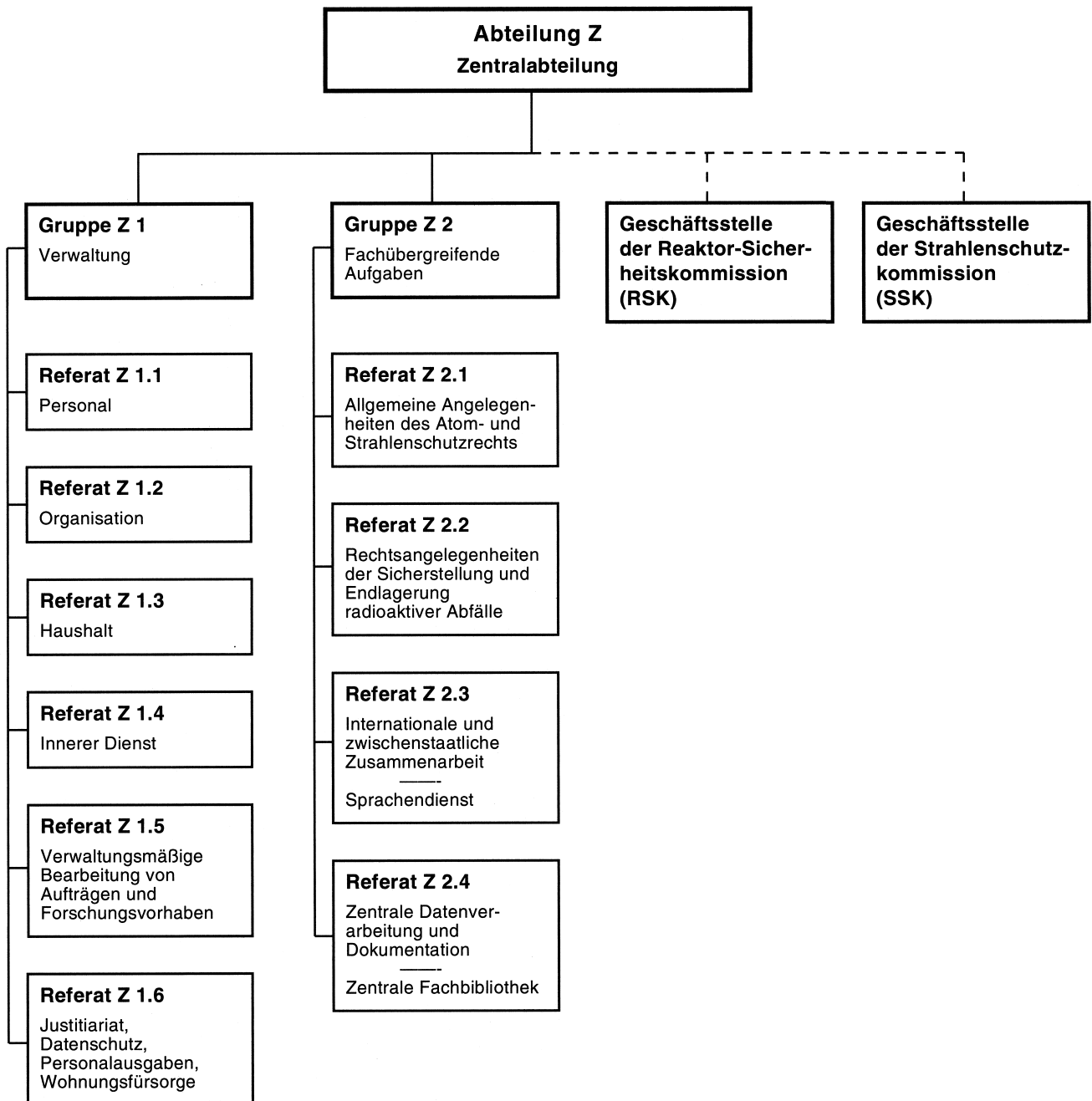
Projektgruppe Aufgabenplanung, Controlling

- Das globale Radioaktivitätsmeßnetz zur Überwachung des umfassenden Kernwaffenteststoppabkommens; Aktivitäten der PTB in der Betadosimetrie
- Aussagekraft und Nutzen von Langzeitsicherheitsanalysen am Beispiel des Projektes Konrad und des Endlagers Morsleben;
- Atomrechtliches Genehmigungsverfahren zur Stilllegung und zum Abbau von Anlagenteilen des Forschungs- und Meßreaktors Braunschweig (FMRB) der PTB
- Kalibrierung von Ganz- und Teilkörperzählern; Qualitätssicherung in der Inkorporationsüberwachung durch Vergleichsmessungen
- Darstellung der Aktivitätseinheit für Radon -222; Bestimmung unangelagerter Radonfolgeprodukte und ihre Bedeutung im Strahlenschutz.

Die gemeinsamen wissenschaftlichen Kolloquien der PTB und des BfS werden auch im Jahr 1999 fortgesetzt werden.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die Zentralabteilung



Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die Zentralabteilung

Referat Z 1.1 Personal

Aufgrund der Übernahme des ODL-Meßnetzes vom Bundesamt für Zivilschutz (BZS) wurden 40 Bundesbedienstete zum 1. Januar 1998 vom BZS zum BfS versetzt,

6 blieben abgeordnet, 21 Personen wurden unter der Verantwortung des BfS (97 + 98) neu eingestellt.

Weitere Neueinstellungen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern erfolgten 1998 überwiegend auf der Grundlage zeitlich befristeter Arbeitsverträge. Den Festlegungen im Frauenförderplan wurde dabei ebenso Rechnung getragen, wie dem

Prinzip der vorrangigen Einstellung von Schwerbehinderten. Die Beschäftigungsquote von Schwerbehinderten liegt im BfS bei 6,74 % (Stand 12/98). Die **Tabelle A-1** zeigt die Gesamtzahl der Beschäftigten zum Ende des Berichtszeitraumes sowie ihre Verteilung auf Dienstorte und Laufbahnen.

Darüber hinaus wurden im BfS (dort: im ISH) mehrere Auszubildende im Berufsbild „Biologielaborant/in“ ausgebildet und 19 Praktikanten im Rahmen ihrer Ausbildung, zur Wiedereingliederung ins Berufsleben oder im Rahmen eines internationalen Austausches an den Beruf herangeführt.

Die Auswirkungen der Dienstrechtsreform zeigten sich auch im BfS; im Berichtszeitraum wurden u. a. erstmalig Elemente der leistungsorientierten Bezahlung (Leistungsstufe) angewendet.

Im Nachgang zu der im Vorjahr in Kraft gesetzten „Leitlinie zum Umgang mit suchtgefährdeten und suchtkranken Beschäftigten“ wurden mit diesem Schwerpunkt amtsweit Vorgesetztenschulungen durchgeführt.

Der Krankenstand im BfS lag mit ca. 3 % (Jahresmittelwert) weit unter dem Bundesdurchschnitt.

	Höherer Dienst	Gehobener Dienst	Mittlerer Dienst	Einfacher Dienst	Gesamt
Salzgitter	118	61	81	16	276
Berlin	52	19	47	12	130
Neuherberg	74	54	36	10	174
Freiburg	9	4	11	3	27
Hanau	-	7	2	-	9
Bonn	20	4	12	2	38
Schlema	1	-	-	1	2
Gartow	1	1	1	-	3
Rendsburg	1	1	5	2	9
	276 (41 %)	151 (23 %)	195 (29 %)	46 (7 %)	668 (100 %)

Tabelle A-1

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

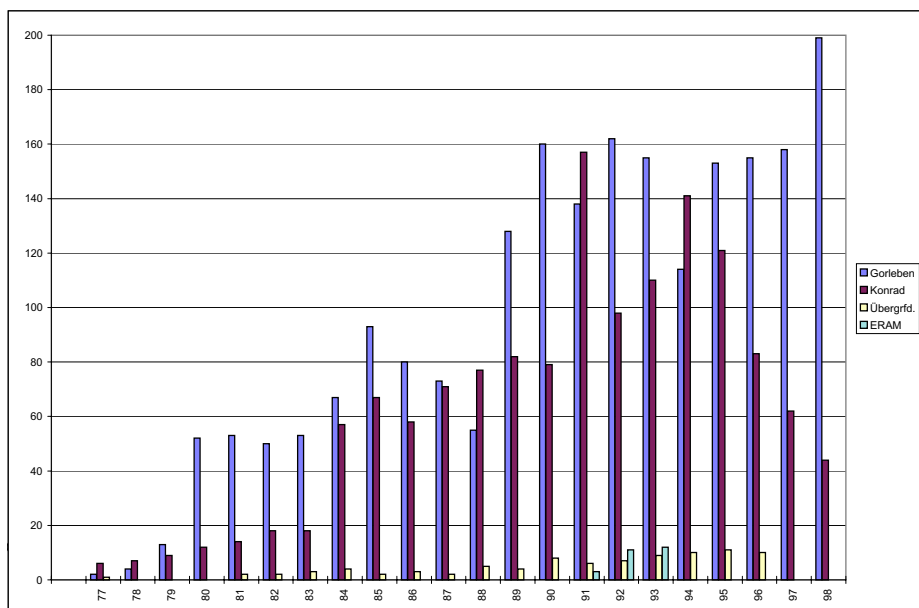


Abbildung A-2

Kosten der Endlagerprodukte 1977 bis 1998.

Für die Endlagerung 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.

Referat Z 1.2 Organisation

Auch im Jahr 1998 war ein Schwerpunkt der Arbeit des Organisationsreferates die Begleitung der Organisationsuntersuchung „BfS 2000“.

Weiterhin wurden Organisationsuntersuchungen zur Optimierung von Arbeitsabläufen und zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Service-Bereiches Verwaltung durchgeführt. Hervorzuheben sind hier die Benchmark-Untersuchungen für einen Großteil der Verwaltungsreferate, Arbeitsplatzüberprüfungen, Schreibdienstuntersuchung und die weitere Optimierung der Fahrbereitschaft.

Der Stellenbestand belief sich zum Ende des Berichtszeitraumes – unter Berücksichtigung der bis Ende 1998 zu erbringenden Stellenkürzung von 9 Stellen – auf 600 Planstellen und Stellen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die Zentralabteilung

Referat Z 1.3 Haushalt

Dem BfS standen 1998 rd. 575 Mio. DM zur Verfügung. Die Entwicklung der Ausgaben insgesamt und die Aufteilung auf den Stammhaushalt und die refinanzierten Bereiche der Titelgruppe 03 – Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle – sowie der Titelgruppe 04 – Staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen – ist aus der **Tabelle A-3** ersichtlich.

Der nach der Endlagervorausleistungsverordnung entstandene notwendige Auf-

wand für die Entwicklung von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle in den Jahren 1977 bis 1998 ist getrennt nach Projekten in **Abbildung A-2** dargestellt.

Referat Z 1.4 Innerer Dienst

Am 19. Juni 1998 wurde der Erweiterungsbau des ISH in Neuherberg feierlich eingeweiht, der am 27. März 1998 nach 28 Monaten Bauzeit bezogen worden war. Mit der Fertigstellung des Erweiterungs-

baues wurden dringend benötigte Labor- und Büroräume für ca. 50 Bedienstete geschaffen und deren provisorische Unterbringung in Bürocontainern beendet.

Anfang 1998 erfolgte auf Basis einer Sofortmaßnahme und unter planerischer Berücksichtigung der im Bau befindlichen Gebäudeerweiterung der Baubeginn für eine umfassende Brandschutzsanierung der vorhandenen Labor- und Büroräume. Diese Sanierungsarbeiten werden voraussichtlich Anfang 1999 beendet sein.

In Berlin-Karlshorst wurden nur dringendste Arbeiten zur Brandschutzsanierung der Gebäude durchgeführt. Die Sanierung des Gebäudebestandes konnte auch in 1998 nicht fortgesetzt werden, da die endgültige Entscheidung über den Termin des Umzuges der Außenstelle nach Bonn gemäß Berlin-/Bonn-Gesetz noch immer aussteht.

Der Meßnetzknotten Rendsburg konnte im Mai 1998 eine auf seine Erfordernisse zugeschnittene neue Liegenschaft beziehen, nachdem eine entsprechende Vereinbarung mit der Bundesvermögensverwaltung Kiel erzielt wurde. Damit ist die bei Übernahme des ODL-Meßnetzes in Kraft getretene Neuordnung der Organisationsstruktur auch räumlich abgeschlossen.

	1994	1995	1996	1997	1998
	in TDM				
Ausgaben insgesamt	613.985	606.756	639.613	* 433.300	575.324
mehr / weniger		-1,2%	5,4%	-32,3%	32,8%
Stammhaushalt	62.584	78.049	91.083	81.043	85.214
Anteil an Gesamtausgaben	10,2%	12,9%	14,2%	18,7%	14,8%
refinanzierter Bereich: Endlagerprojekte	548.695	525.940	545.942	* 348.185	483.712
Anteil an Gesamtausgaben	89,4%	86,7%	85,4%	80,4%	84,1%
refinanzierter Bereich: Staatliche Verwahrung	2.706	2.767	2.588	4.072	6.398
Anteil an Gesamtausgaben	0,4%	0,4%	0,4%	0,9%	1,1%

* incl. Nachtragshaushaltsgesetz (globale Minderausgabe von 200.000 TDM)

Tabelle A-3

Entwicklung der Ausgaben (Soll) seit 1994. Alle Angaben beziehen sich auf das Haushaltssoll.

Haushaltsmittel nach Bereichen	1994	1995	1996	1997	1998
Reaktorsicherheit	46,575	46,000	44,200	44,500	44,950
Strahlenschutz	22,500	22,500	21,840	20,900	18,900
Internationale Zusammenarbeit	13,275	12,815	10,500	8,050	6,680
Drittmittel	1,850	3,340	2,510	3,550	3,240

Tabelle A-4

Entwicklung der Haushaltsmittel (in Mio. DM) des BfS vomn 1994 bis 1998 auf dem Gebiet der Ressortforschung.

Jahr	Stammhaushalt	Titelgruppe 02	Titelgruppe 03	Titelgruppe 04
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
1998	44,840	1,559	8,407	1,049

Tabelle A-5

Entwicklung der Personalausgaben seit 1994 (Haushalts-Ist in Mio. DM)

Referat Z 1.5 Verwaltungsmäßige Bearbeitung von Aufträgen und Forschungsvorhaben

Die Entwicklung der Haushaltsmittel von 1994 bis 1998 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-4**.

Die Ressortforschungsmittel verteilen sich auf rd. 300 laufende Vorhaben. Aufgrund des Umweltforschungsplanes Reaktorsicherheit und Strahlenschutz (UFOPLAN-RS) des BMU wurden in 1998 110 Vorhaben neu begonnen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die Zentralabteilung

Referat Z 1.6 Justitiariat, Datenschutz, Personalausgaben

Schwerpunkte der Tätigkeit lagen neben allgemeinen Justitiariatsangelegenheiten in der Bearbeitung datenschutzrechtlicher Fragestellungen bei der Übergabe und Nutzung des Datenbanksystems „Atlas-tenkataster“ an die Länder sowie wie schon in den Vorjahren in Vertragsangelegenheiten bei der Übernahme und Verarbeitung von Gesundheitsdaten der Wismut-GmbH.

Aus der **Tabelle A-5** ist die Entwicklung der Personalausgaben in den letzten fünf Jahren ersichtlich (Haushalts-Ist in Millionen DM).

Erläuterungen zu den Titelgruppen:

- 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 1998 die Unterstützung der Fachbereiche des BfS im Bereich der allgemeinen und grundsätzlichen Angelegenheiten des Atom-, Strahlenschutz- und sonstigen Umweltrechts sowie des 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.

Schwerpunkt war die Mitwirkung bei der innerstaatlichen Umsetzung von internationalen Rechtsakten auf dem Gebiet des Strahlenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge, insbesondere der „Richt-

linie 96/29/EURATOM des Rates vom 13. 05. 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen“ sowie der „Richtlinie 97/43/EURATOM des Rates vom 30. 06. 1997 über den Gesundheitsschutz von Personen gegen die Gefahren ionisierender Strahlung bei medizinischer Exposition“. Z 2.1 wirkte an den Vorbereitungen zur Umsetzung der Richtlinien mit. In erster Linie wird an einer Novellierung der Strahlenschutzverordnung gearbeitet, vorgesehen sind aber auch Anpassungen des Atomgesetzes, der Röntgenverordnung und des Strahlenschutzvorsorgegesetzes. Neu zu regeln sind insbesondere

- die Dosisgrenzwerte für die Bevölkerung und die beruflich strahlenexponierten Personen,
- die Freigrenzen für radioaktive Stoffe,
- die Freigabe von radioaktiven Stoffen,
- der absichtliche Zusatz radioaktiver Stoffe bei der Herstellung von Konsumgütern,
- Schutzmaßnahmen bei Arbeiten, bei denen natürliche radioaktive Stoffe lediglich anwesend sind, bei denen diese also nicht aufgrund ihrer Radioaktivität, Spaltbarkeit oder Bruteigenschaft genutzt werden sollen (Titel VII der Richtlinie 96/29/EURATOM),
- Schutzmaßnahmen, die im Fall einer dauerhaften Exposition aufgrund der Folgen einer früheren oder alten Tätigkeit notwendig werden können (Titel IX der Richtlinie 96/29/EURATOM),
- die Einbeziehung von Personen, die außerhalb ihrer beruflichen Exposition wissenschaftlich und willentlich Personen unterstützen und betreuen, die sich medizinischen Expositionen unterziehen, in den Schutzbereich der Strahlenschutzverordnung (Artikel 1 Abs. 3 der Richtlinie 97/43/EURATOM).

Die Begriffsbestimmungen für Größen und Einheiten sowie die Strahlungs- und Gewebewichtungsfaktoren aus der Veröffentlichung 60 der ICRP und die Koeffizienten für die inkorporierte Dosis aus späteren Publikationen der ICRP sind in die Richtlinie 96/29/EURATOM einge-

flossen und sind damit auch bei der Novellierung des deutschen Strahlenschutzrechts zu berücksichtigen.

Im Bereich der Kosten und Entgelte im Atom- und Strahlenschutzrecht hatte das BfS das BMU in den Jahren zuvor bei der Erarbeitung eines Entwurfes für die Novellierung der Endlagervorausleistungsverordnung (EndlagerVIV) unterstützt. Der Bundesrat beschloß jedoch am 27. März 1998, dem Verordnungsentwurf nicht zuzustimmen. Rechtsgrundlage für die Erhebung von Vorausleistungen bleibt daher weiterhin die derzeit geltende Endlagervorausleistungsverordnung vom 28. April 1982, zuletzt geändert durch die Zweite Änderungsverordnung vom 12. Juli 1990. Da eine Novellierung der EndlagerVIV weiterhin erforderlich ist, soll im Rahmen eines beim BfS gegründeten Arbeitskreises „Verteilungsschlüssel“ untersucht werden, ob über die bisher in § 6 EndlagerVIV normierten Verteilungskriterien hinaus weitere Kriterien einer kosten- und verursachergerechteren Verteilung des vom Bund geleisteten notwendigen Aufwandes in Betracht kommen können. Insbesondere ist den Fragen nachzugehen, welche Parameter für eine Differenzierung geeignet sind, und ob mit Hilfe dieser Kriterien eine Zuordnung bestimmter Kosten auf einzelne Verursachergruppen erfolgen kann. In diesen Arbeitskreis wurden Vertreter aller Gruppen Vorausleistungspflichtiger einbezogen.

Referat Z 2.2 Rechtsangelegenheiten der Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle

Bergwerk zur Erkundung des Salzstocks Gorleben

Der derzeit gültige Rahmenbetriebsplan für die Erkundung des gesamten Salzstocks ist bis zum 31. Dezember 1999 befristet. Da bereits heute absehbar ist, daß die geplanten Erkundungsarbeiten nicht bis zum Ende der Geltungsdauer abgeschlossen werden können, hat das BfS am 24. Februar 1998 einen Antrag auf

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die Zentralabteilung

Verlängerung des Rahmenbetriebsplans gestellt. Nach dem Antrag soll die Gültigkeit des Rahmenbetriebsplans bis zum 31. Dezember 2009 verlängert werden.

Die für die Erkundungsarbeiten erforderlichen Berechtigungen liegen dem BfS zu 85 % vor. Soweit das Gorlebener Salz als bergfreier Bodenschatz der Verfügungsbefugnis der Bergbehörden unterliegt, werden die Arbeiten aufgrund der Aufsuchungserlaubnis nach § 7 BBergG vom 14. Januar 1997 durchgeführt. Diese ist gültig bis zum 31. Dezember 1999 und kann erforderlichenfalls verlängert werden.

Soweit am Gorlebener Salz Gewinnungsrechte Dritter bestehen, konnte das BfS die erforderlichen Nutzungsrechte nicht in vollem Umfang erwerben. Südwestlich, in unmittelbarer Nähe der Schächte, befindet sich ein mehr als 1000 m breiter „Riegel“ mit privaten Salzrechten, dessen Inhaber eine vertragliche Nutzungsüberlassung ablehnt. In nordöstlicher Richtung befinden sich weitere kleinere Flecken mit privaten Salzrechten, die das BfS nicht erwerben konnte. Um die erforderlichen Aufsuchungsrechte auch für diese Bereiche zu erlangen, hatte das BfS zunächst (im Jahre 1994 und 1996) Anträge auf Aufhebung der Salzrechte gemäß § 160 BBergG gestellt. Diese Anträge hat das BfS am 30. Juni 1998 zurückgenommen, da aufgrund der geänderten Vorgehensweise bei der Streckenauffahrung eine Inanspruchnahme dieser Bereiche zunächst nicht erforderlich ist.

Parallel zu den Anträgen nach § 160 BBergG hat das BfS für dieselben Bereiche einen Antrag auf Aufsuchung zu wissenschaftlichen Zwecken nach § 159 BBergG gestellt. § 159 BBergG sieht vor, daß aufrechterhaltene alte Rechte die Erteilung einer Aufsuchungserlaubnis nach § 7 BBergG für einen anderen nicht ausschließen, wenn die Aufsuchung wissenschaftlichen Zwecken dient. Das Oberbergamt hat den Antrag abgelehnt, da eine wissenschaftliche Zweckrichtung nicht gegeben sei. Nach Eingrenzung des Antrags auf die Bereiche, die nach dem geänderten Vorgehen zunächst unmittelbar in Anspruch genommen werden müssen, hat das BfS Klage vor dem Verwaltungsgericht Lüneburg erhoben. Auf die

Klagebegründung vom 2. Juli 1998 haben die Rechtsanwälte des Oberbergamts mit Schriftsatz vom 11. November 1998 Stellung genommen.

Die Salinas Salzgut GmbH und der benachbarte Grundeigentümer beabsichtigen, südwestlich der Schächte Salz in größerem Umfang durch Aussohlung zu gewinnen. Das BfS, das in den Zulassungsverfahren beim Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld bzw. in den anhängigen Gerichtsverfahren beteiligt ist, hatte sich in mehreren Stellungnahmen gegen eine Gestattung der benachbarten Projekte ausgesprochen. Das Oberbergamt hat den Rahmenbetriebsplan des Grundeigentümers am 15. April 1998 zugelassen. Diese Zulassung enthält zwar Nebenbestimmungen, in denen das Interesse des BfS an einer ungestörten Wahrnehmung seiner Endlageraufgaben grundsätzlich berücksichtigt ist, das BfS hat jedoch gegen diese Zulassung insgesamt Widerspruch eingelegt, da die Absicherung der Bundesinteressen durch die Aufnahme von Nebenbestimmungen nicht ausreichend ist.

Planfeststellungsverfahren Konrad

Die in das Verfahren Schacht Konrad eingereichten Unterlagen wurden von der Planfeststellungsbehörde im Berichtszeitraum weiter geprüft.

Schadensersatzansprüche des Bundes

Wegen der in den Jahren 1991 bis 1995 verspätet erteilten Zulassungen von Haupt- und Sonderbetriebsplänen durch die Landesbehörden hat das BfS mehrere Schadensersatzansprüche gegen das Land Niedersachsen unter dem Gesichtspunkt der Amtspflichtverletzung geltend gemacht.

In zwei Forderungsangelegenheiten liegen bereits rechtskräftige Grundurteile zugunsten des Bundes vor. Vor dem Landgericht Hannover ist nun im Rahmen der Betragsverfahren über die Höhe der geltend gemachten Ansprüche zu entscheiden.

Eine dritte Forderungssache ist noch erstinstanzlich beim Landgericht Hannover anhängig. Im Vorgriff auf das zivilge-

richtliche Verfahren hatte das Bundesverwaltungsgericht auf Antrag des BfS durch Urteil vom 2. November 1995 (4 C 16.94) festgestellt, daß die teilweise Versagung der für 1992 bis 1993 beantragten Hauptbetriebsplanzulassung durch die Bergbehörde rechtswidrig war.

Zur Vorbereitung einer möglichen vierten Schadensersatzklage gegen das Land Niedersachsen wird derzeit verwaltungsgerichtlich die 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 ca. 5,4 Mio DM entstanden. Das Verwaltungsgericht Lüneburg hat dem Feststellungsantrag des BfS stattgegeben. Die Berufung des Bergamts Celle wurde vom Obergerverwaltungsgericht Lüneburg durch Urteil vom 29. April 1998 zurückgewiesen. Das OVG hat die Revision wegen der grundsätzlichen Bedeutung einer noch ungeklärten Rechtsfrage zugelassen. Das BA Celle hat gegen das Urteil des OVG fristwährend Revision eingelegt.

Über den Schadensersatzanspruch gegen 14 Demonstranten, die anläßlich einer Besetzungsaktion im Jahre 1990 Sachschäden und Stillstandskosten in Höhe von ca. 120 TDM verursacht haben, liegt inzwischen ein rechtskräftiges Grundurteil des OLG Celle und ein vorläufig vollstreckbares Urteil des Landgerichts Lüneburg vor. In dem jetzt vor dem OLG Celle durchzuführenden Betragsverfahren soll Beweis über die Höhe des Schadens erhoben werden, das Verfahren ist jedoch zunächst ausgesetzt.

Endlager Morsleben

Eine der gegen das Land Sachsen-Anhalt gerichteten Klagen von Bürgern auf Feststellung der Nichtigkeit und Widerruf der Dauerbetriebsgenehmigung für das ERAM sowie auf Untersagung weiterer Einlagerungen von radioaktiven Abfällen in das ERAM ist durch Klagerücknahme beendet worden. Ein weiteres Verfahren

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die Zentralabteilung

wird nach Rückverweisung vor dem OVG des Landes Sachsen-Anhalt fortgesetzt.

Durch Beschluß vom 25. September 1998 hat das OVG des Landes Sachsen-Anhalt dem Antrag eines anerkannten Naturschutzverbandes auf Erlaß einer einstweiligen Anordnung teilweise stattgegeben. Das BfS hat daraufhin die weitere Einlagerung radioaktiver Abfälle in das ERAM vorläufig ausgesetzt.

Der laufende Betrieb und das Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM wurden juristisch begleitet. Die Arbeiten im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung des Planfeststellungsverfahrens wurden nach Durchführung des Scoping-Termins am 17. Dezember 1997 und Festlegung des Untersuchungsrahmens fortgesetzt.

Endlagerbezogene Vertragsangelegenheiten

Die Verträge mit den Betreibern von Konditionierungs- und Prüfanlagen sowie mit den TÜV, die im Rahmen der Produktkontrolle im Auftrag des BfS tätig sind, wurden teilweise erneuert und den geänderten Rahmenbedingungen angepaßt.

Die mit den Ablieferungspflichtigen geschlossenen Verträge zur Entsorgung radioaktiver Abfälle im ERAM waren im Hinblick auf die vorläufige Einstellung des Einlagerungsbetriebs auf etwaige vertragsrechtliche Konsequenzen zu prüfen.

Referat Z 2.3 Internationale und zwischenstaatliche Zusammenarbeit; Sprachendienst

Im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit des BfS ist das Referat Z 2.3 mit der Vorbereitung, Begleitung und Abwicklung von internationalen Kongressen, Tagungen und Fachgesprächen sowie der Koordinierung internationaler Besuche im BfS betraut.

Vom Sprachendienst wurden 1998 wieder zahlreiche Übersetzungen und Überprüfungen in den Sprachen Englisch und Französisch durchgeführt, unter anderem

von Vortragsmanuskripten, BfS-Berichten und -Broschüren, Empfehlungen der Strahlenschutzkommission sowie grundlegenden internationalen Regelwerken, wie z. B. ICRP-Empfehlungen.

Referat Z 2.4 Zentrale Datenverarbeitung und Dokumentation

Allgemeines

In 1998 wurde die 7. Fortschreibung des IT-Rahmenkonzepts des BfS vorgelegt.

Arbeitsplatzcomputer

Im BfS sind etwa 600 Arbeitsplatzcomputer im Einsatz. Die am weitesten verbreiteten Anwendungen sind dabei die Standardofficeprogramme für Textverarbeitung, Tabellenkalkulationen, Datenbank- und einfachere Grafikanwendungen. Daneben gibt es eine Vielzahl anderer Programme auf den PCs, z. B. für komplexere Grafikanwendungen, Bildverarbeitung, statistische Auswertungen, kleinere Datenbanken u. a. an einzelnen Arbeitsplätzen. Die PCs sind alle im BfS-Netz integriert.

Wechsel des Betriebssystems der PCs

Im BfS war bisher noch das Betriebssystem DOS/Windows 3.1 im Einsatz. Im Oktober 1998 wurde damit begonnen, auf das Betriebssystem Windows NT 4.0 für die PCs zu migrieren.

Schulungen

Im Berichtszeitraum wurden für die Standardanwendungen umfangreiche Schulungen durchgeführt. In Salzgitter steht im Neubau ein Schulungsraum mit acht PCs zur Verfügung, der für die verschiedensten Arten von IT-Schulungen genutzt wurde.

BfS-Netz

Das BfS-Netz (mit dem Netzwerkbetriebssystem Banyan Vines) besteht aus den lokalen Teilnetzen in Salzgitter, Berlin,

Oberschleißheim, Freiburg, Bonn/Geschäftsstellen, Bonn/ODL und Rendsburg. Diese Netze werden über DFÜ-Leitungen zum gesamten BfS-Netz zusammengeführt. Ab Dezember 1998 waren sehr viel höhere Übertragungsraten zwischen den größeren Dienststellen verfügbar. Im Netz integriert sind die Workstations, über die das BfS für einige Spezialanwendungen verfügt, und der Zentralrechner. Die kleinen Dienststellen Gartow, Hanau und Schlemma sind über Telefonleitungen mit dem Netz verbunden. Die bisherige elektronische Mail wurde durch die neuere BEYOND-Mail ersetzt.

Internet-Nutzung

Die Nutzung des Internet bzw. des World-WideWeb hat in 1998 sehr stark zugenommen. Im Umfeld der Bibliothek wurden für diesen Zweck einige allgemein zugängliche PCs aufgestellt. In Ausnahmefällen ist die WWW-Nutzung am Arbeitsplatz möglich, wenn das aus fachlichen Gründen, wie z. B. in der Stabsstelle Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, nötig ist.

Zentralrechnersystem

Der Zentralrechner des BfS ist auf der einen Seite für Datenbankanwendungen (z. Z. ausschließlich unter ORACLE) und grafische Informationssysteme (ARC-Info) und auf der anderen Seite für aufwendige numerische Berechnungen vorgesehen. Das Konzept, diese beiden Anwendungsbereiche auf einem System zusammenzuführen, hat sich in den letzten Jahren sehr bewährt.

In 1998 wurde der bisherige Zentralrechner ersetzt durch ein System V-Class Technical Server V 2250 von Hewlett-Packard. Die Massenspeicherkapazität wurde wegen des Speicherbedarfs der Datenbankanwendungen wesentlich erhöht. Das neue Betriebssystem HP-UX 11.0 ist sehr weit verbreitet und bietet als 64-Bit-Betriebssystem ein sehr hohes technisches Niveau.

Zentrale Fachbibliothek

Neben dem weiteren Ausbau des Buchbestandes lag der Schwerpunkt der

Bibliothekssarbeit auch im Jahr 1998 im Bereich Informationsvermittlung und Benutzerberatung. Die Nutzung der neuen Medien, insbesondere des WWW und externer Datenbanken, gewann hierbei eine immer stärkere Bedeutung. Auffällig ist besonders die wachsende Überschneidung von Teilgebieten der Informationstechnik (IT) mit Aufgabenbereichen der Bibliothek.

Weitergeführt wurden Pflege und Ausbau der Segmente „Infothek“ und „Gesetzes-texte“ im WWW-Angebot des BfS. Darüber hinaus ist die Bibliothek maßgeblich an der Koordinierung des Einsatzes von Online-Datenbanken innerhalb der Dienststellen des BfS beteiligt.

In der Bibliothek der Dienststelle Berlin wurde mit einer umfassenden Neugliederung

des Bestandes, einer Überarbeitung der Aufstellungssystematik sowie der Aussonderung von Dubletten und veralteter oder unbrauchbarer Literatur begonnen. Die Katalog-Datenbank der Bibliothek (ALLEGRO) wurde konsolidiert und auf den fachlichen Standard der Zentralbibliothek gebracht. Seit Jahresmitte ist der Katalog auch in der Dienststelle Berlin im Netz verfügbar.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die RSK-Geschäftsstelle

Aufgaben der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK)¹

Die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) berät seit 1958 das für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen und den Strahlenschutz zuständige Ministerium². 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 waren im Berichtsjahr acht Ausschüsse eingerichtet, in denen als Vorbereitung für die Arbeit der Kommission die Beratung von Themen einzelner Fachgebiete der Reaktorsicherheit stattfand. Sowohl von der Kommission als auch von den Ausschüssen wurden Arbeitsgruppen zur Erarbeitung spezieller Beratungsunterlagen eingesetzt.

Die Ausschüsse waren:

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

Im Berichtsjahr hatte die RSK 26 Mitglieder. Zwei der Mitglieder waren auch Mitglied der Strahlenschutzkommission (SSK). In den Ausschüssen und Arbeitsgruppen waren zusätzlich 53 Mitglieder, hinzugezogene Sachverständige gemäß § 7 der Satzung der RSK und SSK eingeschlossen, tätig. Die Mitgliedschaft in der RSK und deren Ausschüsse/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. Dienort 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.

Die Zahl der Sitzungen der RSK, ihrer Ausschüsse und Arbeitsgruppen für das Jahr 1998 ist in Tabelle 1 wiedergegeben.

Beratungsschwerpunkte der RSK

Die RSK befaßte sich im Jahre 1998 schwerpunktmäßig unter anderem mit folgenden Themen und gab hierzu Empfehlungen bzw. Stellungnahmen ab:

- Kernkraftwerk Brokdorf (KBR)
Beantragte Leistungserhöhung
STELLUNGNAHME auf der 318. RSK-Sitzung am 20. 05. 1998
- Beratung von Erdbebenfragen in der RSK
Kerntechnische Anlagen in Baden-Württemberg
Externes Brennelementlager im Kernkraftwerk Obrigheim (KWO)
STELLUNGNAHME auf der 318. RSK-Sitzung am 20. 05. 1998
- Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK)
Konzept und 1. Teilerrichtungsgenehmigung
EMPFEHLUNG auf der 319. RSK-Sitzung am 06. 07. 1998 (Gemeinsame Empfehlung von RSK und SSK)
- Forschungsreaktor München II (FRM-II)
Fortsetzung der Beratung zum Genehmigungsverfahren
STELLUNGNAHME auf der 319. RSK-Sitzung am 06. 07. 1998
- Verarbeitung von verschnittenem Uran in der Brennelementfertigungsanlage der Fa. Advanced Nuclear Fuels GmbH (ANF) in Lingen/Ems

¹ Stand bis 21. 12. 1998

² Seit 1986 das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die RSK-Geschäftsstelle

STELLUNGNAHME auf der 319. RSK-Sitzung am 06. 07. 1998

- Auslegung deutscher Kernkraftwerke gegen Erdbeben
Skalierung von Bemessungsspektren bei $a_{\max} < 1 \text{ m/s}^2$

STELLUNGNAHME auf der 320. RSK-Sitzung am 16. 09. 1998

- Seismologische Standortbewertung für das Kernkraftwerk Krümmel (KKK) und für den Forschungsreaktor der GKSS in Geesthacht

STELLUNGNAHME auf der 320. RSK-Sitzung am 16. 09. 1998

- Wirksamkeit der Notkühlsysteme bei Freisetzung von Isoliermaterial bei KMV-Störfällen

STELLUNGNAHME auf der 320. RSK-Sitzung am 16. 09. 1998

- Einsatz von Brennelementen mit hohen Abbränden

STELLUNGNAHME auf der 320. RSK-Sitzung am 16. 09. 1998

- Erhöhung der Lagerkapazität von Brennelement-Lagerbecken in deutschen Kernkraftwerken

STELLUNGNAHME auf der 320. RSK-Sitzung am 16. 09. 1998

- RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren (DWR)
Anpassung und Optimierung von zerstörungsfreien Wiederkehrenden Prüfungen an den sicherheitstechnisch bedeutsamen Systemen und Komponenten
Prüfintervalle, Volumen- und Oberflächenprüfungen, Druckprüfungen

STELLUNGNAHME auf der 321. RSK-Sitzung am 13. 10. 1998

Weitere Beratungsthemen der RSK waren:

1 Sicherheitsfragen

- Abschlußbericht über die Ergebnisse der Sicherheitsüberprüfung der Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland durch die RSK

- Kernkraftwerke Neckarwestheim 1 (GKN-1), Gundremmingen 2 (KRB-II) und Krümmel (KKK)

- Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ)

- Maßnahmen zur Risikominderung bei Freisetzung von Wasserstoff in den Sicherheitsbehälter nach auslegungsüberschreitenden Ereignissen
Implementierung von katalytischen Rekombinatoren in deutschen Kernkraftwerken

- Aktualisierung der RSK-Leitlinien für existierende Kernkraftwerke bzw. Festlegung von Leitlinien für zukünftige Kernkraftwerke

- Sicherheitsanforderungen an zukünftige Kernkraftwerke

- Wirksamkeit der Notkühlsysteme
Positionspapier der RSK zum Thema „Vergleich der Wirksamkeit der Sicherheitseinspeisesysteme des EPR und der KONVOI-Anlagen“

- Stand der Arbeiten auf dem Gebiet der Sicherheitsforschung

- Kernkraftwerke mit Siedewasserreaktor
SWR-1000-Projekt des Anlagenherstellers Siemens AG
Bewertung des Konzepts

- Prüfung von Filtern in kerntechnischen Lüftungsanlagen (Schwebstofffilter der Klasse S)

- Befunde an Brennelementen

- Ausführung der sekundärseitigen Druckentlastungseinrichtungen von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktor

- Umrüstung der Reaktorregelungen, Begrenzungen und Stabsteuerungen auf das digitale Leittechniksystem TELEPERM XS (TXS) in den Kernkraftwerken KKK und GKN-1

- Jahr-2000-Problematik (Überprüfung der in Kernkraftwerken genutzten Soft- und Hardware mit sicherheitstechnischer Bedeutung im Hinblick auf die Datumsumstellung zur Jahrtausendwende)

- Sicherstellung der Störfallfestigkeit elektrischer und leittechnischer Kom-

ponenten des Sicherheitssystems von Kernkraftwerken (KMV-Schutzkonzept)

- Human-Factors-relevante Ereignisse
- Auswertung der von der RSK angeregten Sicherheitsstatusberichte zum Brandschutz in Betrieb befindlicher Kernkraftwerke

2 Betriebserfahrung und -bewährung

- Meldepflichtige Ereignisse
 - Weiterleitungsnachrichten der GRS
 - Meldepflichtige Ereignisse in deutschen Kernkraftwerken 1997/1998
 - Meldepflichtiges Ereignis im Kernkraftwerk Unterweser (KKU)
Nichtverfügbarkeit von 1 von 4 Frischdampf-Sicherheitsarmaturen-Stationen (FSA) bei Anforderung im KKK am 06. 06. 1998
- Auswertung der „Betriebsberichte der Kernkraftwerksbetreiber zur Information der Reaktor-Sicherheitskommission“ für das Jahr 1997

3 Werkstoffe, Systeme und Komponenten

- Reaktordruckbehälter (RDB):
 - Prüf- und Überwachungsprogramme der austenitischen Einbauteile
 - Wiederkehrende Prüfungen (Innen-seitige zerstörungsfreie Prüfung der Wand des RDB und der RDB-Einbauten)
- Rohrleitungen und Behälter:
 - Erfahrungen mit warmfesten, schweißbaren Feinkornbaustählen
 - Rohrleitungen aus den Werkstoffen 15 NiCuMoNb (WB 36) und 17 MnMoV 64 (WB 35)
 - Nachuntersuchungen ausgebaute Bauteile aus Druckführenden Umschließungen (Restlebensdauer)
 - Ertüchtigungs- und Austauschmaßnahmen (Behälter hohen Energieinhalts der Äußeren Systeme von DWR, Austausch der Speisewasserleitungen in der Revision des

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die RSK-Geschäftsstelle

Jahres 1997 im Kernkraftwerk Philippsburg 1 (KKP-1), festgestellte Befunde in den Speisewasserleitungen des Kernkraftwerks Krümmel (KKK) in der Revision 1998)

- Stand der Untersuchungen an den austenitischen Rohrleitungen von Siedewasserreaktoren (Werkstoffuntersuchungsprogramme und weiterführende Arbeiten zur Dokumentation und Auswertung, WKP-Maßnahmen)
- Begleitende Maßnahmen:
 - ENIQ (European Network for Inspection Qualification)
 - Aktueller Stand des Leck-vor-Bruch-Vorgehens in Deutschland
 - Beurteilung von Fehlern und Rissen in Bauteilen/Zusammenhänge zwischen Bruchmechanik und zerstörungsfreier Prüfung
 - Weiterentwicklung der zerstörungsfreien Prüfverfahren:
- Untersuchungs- und Forschungsvorhaben zur Komponentensicherheit mit Relevanz für die RSK-Tätigkeit, u. a.
 - Betriebsbegleitendes Austenitprogramm aufgrund der Rißbildungen in Rohrleitungen > NW 80 aus stabilisierten austenitischen Stählen X 10 CrNiTi 18 9 (W-Nr. 1.4541) und X 10 CrNiNb 18 9 (W-Nr. 1.4550) in deutschen Leichtwasserreaktoren
 - Zentrale Untersuchung und Auswertung von Herstellungsfehlern und Betriebsschäden im Hinblick auf druckführende Anlagenteile von Kernkraftwerken
 - Erarbeitung von Unterlagen im Hinblick auf die Ergänzung und Weiterentwicklung des kerntechnischen Regelwerks
 - Ermittlung der Neutronendosis von bestrahlten WWER-Reaktordruckbehältermaterialien
 - Ergebnisse ausgewählter Behälter-Großversuche

4 Brennstoffkreislauf und Endlagerung

- Pilotkonditionierungsanlage Gorleben (PKA)
Stand des Projektes nach Stellung des Antrags auf Erteilung einer 3. Teilgenehmigung der Anlage
- Endlager Morsleben/Verschluß- und Verwahrkonzept
- Erkundungsarbeiten zum geplanten Endlager Gorleben
Vorbereitung einer RSK-Empfehlung zur Eignungshöflichkeit des Salzstockes
(Bewertung der bisherigen Ergebnisse der Standortuntersuchungen)
- Stand der Rückführung der radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter deutscher Brennelemente in Frankreich und Großbritannien
- Kontamination von Transporten abgebrannter Brennelemente

5 KTA-Regeln und sonstige Regelwerke

- RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren (3. Ausgabe vom 14.10.1981)
 - Anpassung und Optimierung von zerstörungsfreien Wiederkehrenden Prüfungen an den sicherheitstechnisch bedeutsamen Systemen und Komponenten: Prüfintervalle, Volumen- und Oberflächenprüfungen, Druckprüfungen
 - Neufassung der Kapitel 6 „Elektrische Einrichtungen des Betriebssystems“, 8 „Schaltwarte“ und 25 „Störfallinstrumentierung“
- Erarbeitung von Unterlagen im Hinblick auf die Ergänzung und Weiterentwicklung des kerntechnischen Regelwerkes
- KTA-Regelvorhaben

6 Internationale Kontakte

Im Berichtsjahr wurden zwischen **RSK** und **GPR** die Beratungen zu den Sicherheitsanforderungen an zukünftige Kern-

kraftwerke mit Druckwasserreaktor fortgesetzt. Folgende Einzelthemen wurden u. a. behandelt:

- Sicherheitstechnische Anforderungen an die Systemauslegung
- Anlagenzustände bei abgeschaltetem Reaktor
- Wirksamkeit der Notkühlsysteme
- Kernausslegung
- Schutzkonzept gegen äußere Einwirkungen
- Schutzkonzept gegen Überdruck im Sekundärsystem
- Leittechnik
- Mensch/Maschine-Schnittstelle
- Containment-Auslegung
- Erarbeitung von Leitlinien für zukünftige Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktoren.

Im Februar besuchte die RSK die Versuchsanlage MAEVA in Civaux (Frankreich). Es handelt sich um eine Nachbildung des zylindrischen Teils der inneren Beton-Schale des EPR-Containments. Die Versuche sollen folgende Fragen klären:

- Feststellung der Containment-Reserven unter Unfallbedingungen (LOCA) in einer Luft-Wasserdampf-Atmosphäre mit einem Druck bis zu 10 bar
- Einfluß von Rissen auf die Containment-Dichtheit in Luft sowie in einer Luft-Wasserdampf-Atmosphäre
- Untersuchung der Wirksamkeit von zwei „composite liner“-Typen.

Im Februar fand ein Treffen mit der Eidgenössischen Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (**KSA**) in Garching statt. Es wurden Fragen zur Durchführung von Periodischen Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ), zum Einsatz von Brennelementen mit hohem MOX-Anteil und hohem Abbrand und zur Sicherheitskultur beraten.

Im September informierte sich das amerikanische **ACNW** (Advisory Committee on Nuclear Waste) über den Stand der Entsorgung in Deutschland und diskutierte mit dem RSK-Ausschuß Endlagerung

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die RSK-Geschäftsstelle

(unter Hinzuziehung von Experten aus Frankreich, Schweden und der Schweiz) über Fragen zur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle.

Im Oktober haben sich die nationalen Beratungskommissionen für kerntechnische Sicherheit aus **Frankreich, Deutschland, Japan und den USA** in Tokio mit gemeinsam interessierenden Sicherheitsfragen im Zusammenhang mit dem Betrieb von Kernkraftwerken befaßt. Ins-

besondere diskutierten sie spezielle sicherheitsrelevante Ereignisse, die sich in den letzten Jahren in ihren Ländern ereignet haben, Methoden, um den Sicherheitsstatus der Kernkraftwerke zu überwachen, die Sicherheit älterer Anlagen und deren Komponenten, Strategien für Wartung, Reparaturen und Nachrüstungen sowie Betriebserfahrungen mit Dampferzeugern. Die Kommissionen haben sich ebenfalls mit aktuellen Trends befaßt, wie der Entwicklung und der sich

rasch ausbreitenden Nutzung von computerbasierten Leittechnik- und Sicherheitssystemen, mit Sicherheitsfragen im Zusammenhang mit dem Einsatz hochabgebrannten Kernbrennstoffs und Mischoxidbrennstoffs (MOX), mit der Anwendung probabilistischer Sicherheitsanalysen, mit den Risiken, die mit Anlagenzuständen bei niedriger Leistung und abgeschaltetem Reaktor verbunden sind, sowie mit der Sicherheit von zukünftigen Leichtwasserreaktoren.

Gremium	Sitzungen	Abkürzungen	und volle Bezeichnungen
RSK	7	RSK	Reaktor-Sicherheitskommission
RSK-Ausschüsse			
LWR (einschl. Fachgespr.)	12	LWR	Leichtwasserreaktoren
DK	11	DK	Druckführende Komponenten
EE (einschl. Fachgespr.)	9	EE	Elektrische Einrichtungen
BT	4	BT	Bautechnik
RB	7	RB	Reaktorbetrieb
BTK	3	BTK	Brennstoffverarbeitung, Transportfragen und Konditionierung
ELA (einschl. Klausuren)	6	ELA	Endlagerung
SIFO	-	SIFO	Sicherheitsforschung
RSK-Arbeitsgruppen			
(einschl. Fachgespr.)			
ASP	1	ASP	Abfallspezifikationen
ERG	-	ERG	Ergonomie
LDL	-	LDL	Leitlinien Digitale Leittechnik
BRG	3	BRG	Berechnungsgrundlagen (RSK/SSK)
MTO	4	MTO	Mensch, Technik, Organisation
STL	1	STL	Stilllegung
Y2K	1	Y2K	Jahr-2000-Problematik
International			
RSK/GPR(einschl. Besichtg. Civaux)	5	GPR	Groupe permanent chargé des réacteurs nucléaires (Frankreich)
RSK/GPR Working Groups	4		
RSK/ACRS/NSC/GPR	1	NSC ACRS	Nuclear Safety Commission (Japan) US Advisory Committee on Reactor Safeguards
RSK/KSA	1	KSA	Eidgenössische Kommission f. d. Sicherheit von Kernanlagen
RSK/ACNW	1	ACNW	US Advisory Committee on Nuclear Waste

Tabelle 1:
Veranstaltungen der RSK im Jahre 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

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-Wirkungsbeziehungen.
- 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 Beratung bei der Erarbeitung von Richtlinien und besonderen Maßnahmen zum Schutz vor den Gefahren ionisierender und nichtionisierender Strahlen.
- Beratung bei der Erarbeitung von Empfehlungen 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.
- Beratung des BMU bei der Auswertung von Empfehlungen für den Strahlenschutz, die von internationalen Gremien erarbeitet wurden.
- Beratung der Bundesregierung bei ihrer Mitwirkung in internationalen Gremien.
- Beratung des BMU 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,
- Strahlen genetik,
- Strahlenphysik,
- Strahlenschutzmedizin,
- Strahlenmeßtechnik,
- Strahlenschutztechnik.

Gemäß § 6 der Satzung der Strahlenschutzkommission vom 29. 01. 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.

* Diese Satzung wurde am 22. Dezember 1998 vom BMU durch eine neue Satzung ersetzt.

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 Bundesamt für Strahlenschutz (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.

Ferner unterstützt die Geschäftsstelle die Öffentlichkeitsarbeit der SSK durch redaktionelle Betreuung und Herstellung der druckfertigen Manuskripte für die verschiedenen Publikationsreihen der SSK, durch technische und organisatorische

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die SSK-Geschäftsstelle

	SSK	Ausschüsse	Arbeitsgruppen	Summe der Sitzungen
1998	8	32	76	116

Tabelle 1

Vorbereitung der Präsentation der SSK im Internet und durch Versand von Informationsmaterialien der SSK an die interessierte Öffentlichkeit (näheres siehe unter „Publikationen“).

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 1998 ist in **Tabelle 1** wiedergegeben.

Beratungsschwerpunkte und -ergebnisse 1998

Den Vorsitz der SSK führte im Berichtszeitraum Prof. Dr. Reiners, Würzburg, stellvertretende Vorsitzende waren Prof. Dr. Dietze, Braunschweig, und Prof. Dr. Schicha, Köln.

Die SSK befaßte sich im Jahr 1998 schwerpunktmäßig u. a. mit den nachfolgend beschriebenen Themen und gab hierzu zum Teil Empfehlungen und Stellungnahmen ab:

- Anpassung der Strahlenschutzverordnung an die neuen Euratom-Grundnormen
- Erläuterungen zu den wichtigsten Strahlenschutzbegriffen (Glossar)
- Berechnungsgrundlage für die Ermittlung von Körperdosen bei äußerer Strahlenexposition
- Grenzwerte der Oberflächenkontamination
- Einsatz des meteorologischen Präprozessors für SODAR-Daten in Verbindung mit dem DFK-Modell
- Internationale Notfallschutzübung INEX-2-Ungarn am 03. November 1998
- Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden (Radiologische Grundlagen)

- Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen
- Nachsorge für Patienten nach Strahlenbehandlung
- Strahlenexposition von Personen durch nuklearmedizinisch untersuchte Patienten
- Therapie mit Ra-224-Radiumchlorid
- Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität (Berechnungsgrundlagen – Bergbau)
- Freigabe von Materialien, Gebäuden und Bodenflächen mit geringfügiger Radioaktivität aus anzeige- oder genehmigungspflichtigem Umgang
- Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK)
Konzept und 1. Teilerrichtungsgenehmigung
Empfehlung der RSK und der SSK
- Klausurtagung der Strahlenschutzkommission „Methoden, Probleme und Ergebnisse der Epidemiologie“ am 14./15. Mai 1998 in Weimar
- Bewertung der Kontaminationen bei den Transporten abgebrannter Brennelemente
- UV-Strahlung und malignes Melanom
- Aussagefähigkeit möglicher epidemiologischer Studien zur Untersuchung von gesundheitsschädlichen Wirkungen in der Umgebung der Sendefunkanlage des International Broadcasting Bureau in Holzkirchen-Oberlaindern
- Epidemiologische Studien zur Untersuchung möglicher Gesundheitseffekte beim Mobilfunk (oberhalb 900 MHz)
- Vorschlag zur Weiterentwicklung der Forschung zum Schutz vor nichtionisierenden Strahlen
- Gefahren durch Laserpointer
- UV-Bestrahlungen aus kosmetischen Gründen sind ärztlich nicht vertretbar
- Schutz des Menschen vor künstlicher UV-Strahlung durch kosmetische Geräte (Solarien)
- Schutz der Bevölkerung bei Exposition durch EMF-Felder

- Gefahren bei Laseranwendung am Menschen durch medizinische Laien

Internationale Zusammenarbeit

Zur weiteren Förderung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit wurden die Kontakte zur Schweiz weiterhin vertieft (siehe Jahresbericht der Strahlenschutzkommission 1997). Im Dezember fand ein Gespräch mit dem Vorsitzenden der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz (EKS) der Schweiz statt, um gemeinsame Aufgabenfelder zu identifizieren. Für 1999 ist eine gemeinsame Klausurtagung mit der Schweizer Kommission geplant.

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 – bis Ende 1998 mit überarbeiteten Neuauflagen 45 Bände)
- Berichte der Strahlenschutzkommission (im Auftrag des BMU von der Geschäftsstelle herausgegeben und vom Gustav Fischer Verlag vertrieben – bis Ende 1998 19 Hefte)
- Informationen der Strahlenschutzkommission (im Auftrag des BMU von der Geschäftsstelle herausgegeben und über diese kostenfrei zu beziehen – bis Ende 1998 5 Hefte)

der Öffentlichkeit bekanntgemacht.

Unter der Adresse www.ssk.de sind seit März 1997 die wesentlichen Ergebnisse der Beratungen der SSK über das Internet abrufbar, teilweise auch in englischer Sprache.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die SSK-Geschäftsstelle

Internet-Seiten der Strahlenschutzkommission

Die Internet-Seiten der SSK (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 1998 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

Die Empfehlungen der SSK werden vom BMU im Bundesanzeiger veröffentlicht. Seit 1985 werden Empfehlungen und Stellungnahmen der SSK sowie Ausarbeitungen zu speziellen Fragen des Strahlenschutzes auch in der Buchreihe „Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission“ (Gustav Fischer Verlag, Stuttgart) publiziert.

Im Berichtszeitraum wurden folgende Bände herausgegeben:

Band 35

Sicherheitsaspekte der Sonographie. Sachverständigenanhörung der Strahlenschutzkommission vom 2./3. März 1995

1998, 244 Seiten, ISBN 3-437-25187-2, DM 68,-

Zum Inhalt:

Dieser Tagungsband beinhaltet die in der Sachverständigenanhörung „Sicherheitsaspekte der Sonographie“ des Ausschusses „Nichtionisierende Strahlen“ der Strahlenschutzkommission gehaltenen Vorträge.

Die Themen der Vorträge waren:

Sicherheitsaspekte der Sonographie: Physikalische Grundlagen – Sicherheitsaspekte der Sonographie: Gerätetechnische Aspekte – Ultraschalldiagnostik in der Geburtshilfe – Bedeutung der Echokardiographie für die Kardiologie – Tumordifferenzierung in der Gynäkologie – Neuere Verfahren der Medizinischen Ultraschall-Diagnostik – Diagnostische Anwendungen des hochfrequenten Ultraschalls in Dermatologie und Ophthalmologie – Dermatologische Ultraschalldiagnostik aus der Sicht des Mediziners – Zur Wärmewirkung des Ultraschalls: Theoretische Modellierungen – Zur Wärmewirkung des diagnostischen Ultraschalls: Temperaturmessungen in Säugergewebe – Kavitationsbedingte Zellschäden in vitro – Schwellintensitäten kavitativer Ultraschallwirkungen – Nichtthermische, nichtkavitative Ultraschallwirkungen auf biologisches Gewebe – Wechselwirkung von hochenergetischem fokussiertem Ultraschall mit Weichteilgewebe als ein möglicher Ansatz in der Tumorthherapie – Ansprüche an die Gesetzgebung zum Schutz des Menschen vor physikalischen Einwirkungen und ihre Umsetzung im Bereich der Normen für den Ultraschall in der Medizin – Qualitätssicherung der Diagnostikgeräte hinsichtlich Ultraschallsicherheit und Bildgüte: Stand der Umsetzung in der Bundesrepublik und Problembereiche – Ultraschallkontrastmittel

Band 37

Aktuelle radioökologische Fragen des Strahlenschutzes. Klausurtagung der Strahlenschutzkommission 12./13. Oktober 1995

1998, 294 Seiten, ISBN 3-437-25199-6, DM 78,-

Zum Inhalt:

Aktuelle radioökologische Fragen des

Strahlenschutzes: Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse – Natürliche Umweltradioaktivität: Ihr Beitrag zur Strahlenexposition und zum Krebsrisiko der Bevölkerung – Berücksichtigung der natürlichen Radioaktivität – Radon im Trinkwasser – Modelle zur Beschreibung der Kurzeitenausbreitung in der Atmosphäre und ihre Validierung: Windfeldmodelle – Modelle zur Beschreibung der Kurzeitenausbreitung in der Atmosphäre und ihre Validierung: Ausbreitungsmodelle – Methoden der Dosisrekonstruktion – Zur Ausbreitung radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken in Fließgewässern am Beispiel der Mosel – Radioökologie der Binnengewässer: Fische, Nahrungsketten im Wasser – Die radioaktive Kontamination der Meere – Das Verhalten von Radionukliden in naturnahen Ökosystemen – Radioökologische Modelle und ihre Validierung – Rechnergestützte Informations- und Entscheidungshilfesysteme zur Beurteilung radiologischer Konsequenzen von Stör- und Unfällen

Band 39

Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 1995

1998, 122 Seiten, ISBN 3-437-21448-9, DM 78,-

Zum Inhalt:

Einführung eines internationalen solaren UV-Index – Strahlenrisiko durch ehemalige DDR-Kontrollen mittels Cs-137-Strahlung – Bewertung der Neutronenstrahlung beim Transport von Brennelementen in CASTOR-Behältern – Verfahren und Kriterien für die Freigabe von Gebäuden mit geringfügiger Radioaktivität zum Abriß oder zur Weiternutzung – Bewertung der Strahlenexposition durch Radon im Trinkwasser – Gemeinsame Stellungnahme der RSK und SSK zur Stilllegung des Kernkraftwerks Greifswald (KGR), Blöcke 1 bis 6, Stilllegung der Anlage mit Abbau von Anlagenteilen – Gemeinsame Stellungnahme der RSK und SSK zur Stilllegung und zum Teilabbau des Kernkraftwerks Rheinsberg (KKR) – Gemeinsame Empfehlung der RSK und SSK zum Standort und Sicherheitskonzept des Forschungsreaktors München II (FRM-II)

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die SSK-Geschäftsstelle

Folgende Themen wurden aufgrund ihres Umfangs nicht in diesen Band aufgenommen. Sie erscheinen als separate Publikation in der Reihe „Berichte der Strahlenschutzkommission“:

- Heft 5 Atmosphärische Ausbreitung bei kerntechnischen Notfällen
- Heft 7 Schutz vor niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern der Energieversorgung und -anwendung
- Heft 18 Empfehlungen zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken bei Anwendung magnetischer Resonanzverfahren in der medizinischen Diagnostik (in Vorbereitung)

Band 40

Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 1996

1998, 100 Seiten, ISBN 3-437-21439-X, DM 68,-

Zum Inhalt:

Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen – Ambulante, fraktionierte Radioiod-Therapie – Anwendung von Sr-89 in der Strahlentherapie – Bewertung der Ergebnisse des Workshops „Risk Factors for Adult Leukaemias and Lymphomas“, Heidelberg, 15./16. Januar 1996 – Praktische Anwendung des UV-Index – Richtlinie für die Festlegung von Kontaminationswerten zur Kontrolle von Fahrzeugoberflächen im grenzüberschreitenden Verkehr nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz – Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse der SSK-Klausurtagung 1995 zum Thema „Aktuelle radioökologische Fragen des Strahlenschutzes“ – Bewertung der Ergebnisse der Klausurtagung 1996 der SSK „Environmental UV-Radiation, Risk of Skin Cancer and Primary Prevention“ – Begrenzung der Strahlenexposition von Polizeieinsatzkräften bis zum 18. Lebensjahr und von Polizeibeamtinnen – Strahlenschutzgrundsätze für die Radioiod-Therapie

Folgende Themen wurden aufgrund ihres Umfangs nicht in diesen Band aufgenommen. Sie erscheinen als separate Publikationen in der Reihe „Berichte der Strahlenschutzkommission“:

- Heft 4 10 Jahre nach Tschernobyl
- Heft 6 Konzepte und Handlungsziele für eine nachhaltige, umweltgerechte Entwicklung im Strahlenschutz in Deutschland
- Heft 9 Interventionelle Radiologie
- Heft 15 Grundsätze für die Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlen am Menschen in der medizinischen Forschung – Grundsätze nach § 41 StrlSchV

Band 41

Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 1997

1998, 200 Seiten, ISBN 3-437-21438-1, DM 78,-

Zum Inhalt:

Zur Strahlung bei CASTOR-Transporten – Schutz des Menschen vor solarer UV-Strahlung – Vergleich von Konzepten zur Erfassung und Bewertung von Expositionen und Risiken durch ionisierende Strahlung und chemotoxische Stoffe – 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 – Grundsätze für die Freigabe von Bodenflächen mit geringfügiger Radioaktivität aus genehmigungspflichtigem Umgang – Forschungsreaktor München II (FRM II): Errichtung und nicht-nukleare Inbetriebsetzung, 2. Teilgenehmigung – 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 – SSK-Klausurtagung 1997: „Funkanwendungen: Technische Perspektiven, biologische Wirkungen und Schutzmaßnahmen“: Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse – Bewertung der Studie von Repacholi et al. über den Einfluß gepulster Hochfrequenzfelder auf die Krebsentstehung bei genmanipulierten Mäusen – Durchführung der Iodblockade bei kerntechnischen Unfällen – Aus- und Weiterbildung zum Medizinphysiker – Bedeutung der Sonnenlicht/Hauttypberatung – 5. Rahmenprogramm der Europäischen

Kommission (EURATOM) für Maßnahmen im Bereich der Forschung und Ausbildung (1998–2002) – Iodmerkblätter – Empfehlungen zur Patientensicherheit bei Anwendungen der Ultraschall Diagnostik in der Medizin

Folgende Themen wurden aufgrund ihres Umfangs nicht in diesen Band aufgenommen. Sie erscheinen als separate Publikationen in der Reihe „Berichte der Strahlenschutzkommission“:

- Heft 10 Strahlenexposition an Arbeitsplätzen durch natürliche Radionuklide
- Heft 11 Auswirkungen der Einführung neuer Dosismeßgrößen im Strahlenschutz
- Heft 13 Wissenschaftliche Begründung für die Anpassung des Kapitels 4 „Berechnung der Strahlenexposition“ der Störfallberechnungsgrundlagen für Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktor

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 1998 erschienen:

Heft 11

Auswirkungen der Einführung neuer Dosismeßgrößen im Strahlenschutz. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission

1998, 124 Seiten, deutsch/englisch, ISBN 3-437-25557-6, DM 36,-

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die SSK-Geschäftsstelle

Zum Inhalt:

Von der Internationalen Kommission für radiologische Einheiten und Maße (ICRU) und der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) sind Empfehlungen erarbeitet worden, die Überwachungsgrößen für die Orts- und die Personendosis neu zu definieren. Die Richtlinie der EU zur „Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlung“ enthält die neuen Meßgrößen. Ihre Einführung kann überall da zu Auswirkungen führen, wo Orts- und Personendosen begrenzt werden.

In dem von einer Arbeitsgruppe im Auftrag der SSK vorbereiteten Bericht sind die Auswirkungen aufgezeigt, die sich im Vollzug des Atomgesetzes, der Strahlenschutzverordnung und der Röntgenverordnung sowie des nationalen und internationalen Verkehrsrechts bei Einführung der neuen Meßgrößen ergeben. Zur Vermeidung unbeabsichtigter und nicht gerechtfertigter Konsequenzen der Einführung der neuen Dosismeßgrößen sind angemessene Vorschläge unter Berücksichtigung radiologischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte gemacht worden. So sollten geltende Genehmigungen und Bauartzulassungen nach Atom-, Verkehrs- und Eichrecht für bereits vorhandene Anlagen, Einrichtungen, Vorrichtungen und Meßgeräte bezüglich des Überganges auf die neuen Dosismeßgrößen Bestandsschutz genießen. Im Rahmen dieses Bestandsschutzes sollten bei Erst- oder Wiederholungsprüfungen Messungen der Ortsdosis in den bisherigen Meßgrößen erfolgen oder bei Anwendung der neuen Ortsdosismeßgrößen die Meßwerte in diejenigen der bisherigen Meßgrößen umgerechnet werden.

Es wird in dem Bericht dargelegt, daß bei vielen Anwendungen ionisierender Strahlung die Auswirkungen der Einführung der neuen Meßgrößen vernachlässigbar sind. Die Auswirkungen der Festlegung neuer Dosisgrenzwerte sind nicht Gegenstand der Stellungnahme.

Die SSK hat in ihrer 148. Sitzung am 25./26. September 1997 den Bericht gebilligt.

Heft 12

Jahresbericht 1997 der Strahlenschutzkommission

1998, 56 Seiten, ISBN 3-437-25558-4, DM 24,-

Zum Inhalt:

Der Jahresbericht 1997 der SSK enthält neben einer kurzen Schilderung der Aufgaben der SSK, der aktuellen Zusammensetzung der SSK sowie ihrer Satzung eine Beschreibung u. a. folgender wesentlicher Beratungsschwerpunkte des Berichtsjahres:

- Anpassung der StrlSchV an die revidierten 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
- Durchführung der Iodblockade bei kerntechnischen Unfällen
- Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen (Iodmerklblätter)
- 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 für die Anpassung des Kapitels 4 „Berechnung der Strahlenexposition“ der Störfallberechnungsgrundlagen für Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktor
- 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
- SSK-Klausurtagung 1997 „Funkanwendungen – Technische Perspektiven, biologische Wirkungen und Schutzmaßnahmen“; Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse
- 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
- Bedeutung der Sonnenlicht/Hauttypberatung

Heft 14

Empfehlungen zur Patientensicherheit bei Anwendungen der Ultraschalldiagnostik in der Medizin. Empfehlung der Strahlenschutzkommission einschließlich wissenschaftlicher Begründung

1998, 74 Seiten, ISBN 3-437-25559-2, DM 28,-

Zum Inhalt:

Die Ultraschalldiagnostik ist ein weit verbreitetes Untersuchungsverfahren in der Medizin. Gegenwärtig befinden sich in der Bundesrepublik Deutschland etwa 150.000 Ultraschallgeräte im klinischen Einsatz.

Ein besonderer Schwerpunkt für die Anwendung der Ultraschalldiagnostik ist

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die SSK-Geschäftsstelle

die Geburtshilfe und der routinemäßige Einsatz in der Schwangerenvorsorge. Neben und in Kombination mit den bildgebenden Verfahren werden Ultraschall-doppler-Strömungsmessungen eingesetzt, die inzwischen, auch ergänzt durch Kontrastmitteleinsatz, zunehmend klinische Bedeutung erlangen.

Da zunehmend radiologische und nuklearmedizinische Untersuchungsverfahren durch die Ultraschalldiagnostik ersetzt werden, richtete die SSK eine Arbeitsgruppe ein, um eine Risikobewertung dieses diagnostischen Verfahrens vorzunehmen.

Die für den Patienten sicherheitsrelevanten Wirkungen des Ultraschallfeldes waren Gegenstand einer Sachverständigenanhörung „Sicherheitsaspekte der Sonographie“ der Arbeitsgruppe „Ultraschall“ des Ausschusses „Nichtionisierende Strahlen“ am 2./3. März 1995 in Bonn. An dieser Expertenanhörung waren Mediziner, Physiker und Hersteller von Ultraschallgeräten beteiligt. Die Ergebnisse dieser Veranstaltung dienten als Grundlage für die Erarbeitung der Empfehlung. Die schriftliche Ausarbeitung der Vorträge wurde in der Buchreihe „Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission“ (Band 35) publiziert.

Nach Auffassung der Strahlenschutzkommission ist die Sicherheit des Patienten vor unerwünschten biologischen Wirkungen gewährleistet, wenn Einsatzschwellen der thermischen und kavitativen Wirkungen nicht überschritten werden. Die Strahlenschutzkommission hält die Einführung von Expositionsparametern zur Kontrolle des sicheren Vorgehens bei Ultraschalluntersuchungen sowie die Einhaltung von Grundsätzen zur sicheren Handhabung des Ultraschallinstrumentariums in der klinischen Diagnostik für unerlässlich. Sie empfiehlt, die Untersuchungsverfahren in drei Gruppen zusammenzufassen, für die verschiedene Anwendungsregeln gelten. Dementsprechend erfolgt eine Gruppierung in Untersuchungsverfahren mit niedriger und höherer Ultraschallexposition sowie mit Anwendung von Kontrastmitteln; bei letzter genannten besteht hinsichtlich möglicher Bioeffekte noch Forschungsbedarf.

Diese Empfehlung, die sich an die internationalen Empfehlungen auf diesem Gebiet anschließt, soll der Ärzteschaft, den Patienten und ihren Angehörigen sowie den Herstellern medizinischer Ultraschallgeräte die wissenschaftlichen Grundlagen zur Patientensicherheit in der medizinischen Ultraschalldiagnostik vermitteln. Sie zielt nicht auf die Festlegung gesetzlicher Grenzwerte für die Ultraschallexposition des Patienten.

Die Strahlenschutzkommission hat diese Empfehlung in ihrer 150. Sitzung am 11./12. Dezember 1997 verabschiedet.

Heft 15

Grundsätze für die Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlen am Menschen in der medizinischen Forschung (Grundsätze nach § 41 StrlSchV). Stellungnahme der Strahlenschutzkommission

1998, 46 Seiten, ISBN 3-437-25568-1, DM 22,-

Zum Inhalt:

Die SSK hat unter Beteiligung der Vertreter von Forschungseinrichtungen, Genehmigungsbehörden der Länder und vom Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte eine Stellungnahme zu der bei der Durchführung des § 41 StrlSchV „Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlen am Menschen in der medizinischen Forschung“ zu beachtenden Aspekte erarbeitet.

Die Stellungnahme befaßt sich insbesondere mit

- der Feststellung der Geltungsbereiche für Anwendungen nach § 41 und § 42 StrlSchV,
- dem Inhalt der Antragstellung auf Erteilung einer Genehmigung,
- den persönlichen und sachlichen Voraussetzungen für die Genehmigungserteilung,
- der Auswahl möglicher Probanden und
- dem auszuarbeitenden Inhalt des Abschlußberichtes.

Heft 16

Freigabe von Materialien, Gebäuden und Bodenflächen mit geringfügiger Radioaktivität aus anzeige- oder genehmigungspflichtigem Umgang

1998, 124 Seiten, deutsch/englisch, ISBN 3-437-21306-X, DM 36,-

Zum Inhalt:

Die Strahlenschutzkommission hat in den zurückliegenden Jahren eine Reihe von Empfehlungen zur Freigabe geringfügig kontaminierter oder aktivierter Feststoffe (wie z. B. 1987 für Eisen, 1992 zu Nichteisenmetall, 1996 für Gebäude oder 1997 für Bodenflächen) ausgesprochen und weitere Empfehlungen zur eingeschränkten und uneingeschränkten Freigabe in Entwürfen vorbereitet. Eine Arbeitsgruppe des Ausschusses „Strahlenschutz bei radioaktiven Abfällen und Reststoffen“ hat diese Einzelempfehlungen in einer Gesamtempfehlung zusammengefaßt und zugleich eine Anpassung an den Wissensstand in den Teilgebieten vorgenommen.

Die beschriebenen Verfahren und Kriterien beziehen sich auf die Freigabe von geringfügig kontaminierten oder aktivierten Feststoffen, Gebäuden und Bodenflächen aus einem anzeige- oder genehmigungspflichtigen Umgang mit radioaktiven Stoffen. Bei den Feststoffen handelt es sich im einzelnen um:

- Anlagenteile, Gegenstände und Geräte,
- Stahl- und Eisenschrott,
- Nichteisenmetallschrott,
- Bauschutt und Baureststoffe,
- sonstige feste Stoffe (z. B. Glas, Kunststoffe, Glaswolle, Asbest).

Die Empfehlung gilt nicht für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser und nicht für umschlossene Strahlenquellen, kontaminierte Nahrungsmittel, Interventionsfälle und die Sanierung bergbau-licher Hinterlassenschaften.

Voraussetzung für eine Freigabe aus anzeige- oder genehmigungspflichtigem Umgang ist der Nachweis, daß die vorhandene Radioaktivität geringfügig ist und das in der Empfehlung dargestellte Freigabeverfahren eingehalten wird. Die Freiga-

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die SSK-Geschäftsstelle

be bedarf grundsätzlich der Genehmigung, sofern sie nicht sonst nach dem Strahlenschutzrecht erlaubt ist. Durch die Einhaltung der in der Empfehlung dargelegten Kriterien und radionuklidspezifischen Freigabewerte wird der Nachweis der Geringfügigkeit erbracht.

In einem Anhang zur Empfehlung werden ausführlich die Vorgehensweise und die gewählten Szenarien für die uneingeschränkte Freigabe, Freigabe zur Beseitigung, Freigabe von Metallschrott zur Rezyklierung und für die Freigabe von Gebäuden beschrieben.

Die Empfehlung wurde von der SSK in ihrer 151. Sitzung am 12. Februar 1998 verabschiedet.

Heft 17

Radon-Statusgespräch 1998. Neuherberg, 18/19. Mai 1998, Festveranstaltung zum 70. Geburtstag von Prof. Dr. W. Jacobi

1998, 242 Seiten, ISBN 3-437-25569-X, DM 49,-

Zum Inhalt:

- Results of Recent Intercomparison Exercises for Current and Past Exposure Assessment
- Charakterisierung der unangelagerten Radonfolgeprodukte
- Klassifikation des geogenen Radon-Potentials in der Bundesrepublik Deutschland
- Radon-Diffusion
- Schulexperimente zur Radioaktivität in der Umwelt
- Kalibrierung von aktiven Meßgeräten der Radonaktivitätskonzentration in der Radon-Referenzkammer (RKK) der PTB
- Der Einfluß unterschiedlicher Umgebungsbedingungen auf die Korrelation zwischen der Rn-222-Konzentration und der effektiven Dosis
- Versuche zur retrospektiven Radondosisimetrie durch Pb-210-Schädelmessungen
- Radon-Inhalation: Dosiskonversionsfaktoren der verschiedenen Aufenthaltsplätze des Menschen

- Stochastische Modelle zur Lungendosisimetrie inhalierter Radonzerfallsprodukte
- Chromosomenaberrationen nach Radonexposition
- Control of Exposure to Natural Radiation: an ICRP Perspective
- Lung Cancer and Residential Radon Exposure in Southwest England
- Lungenkrebsrisiko durch Radon in der Bundesrepublik Deutschland – Erste Risikoanalysen in West- und Ostdeutschland
- Fall-Kontroll-Studie zum Lungenkrebsrisiko durch Radon in Wohnräumen im Bezirk Imst, Österreich – Beschreibung des Designs und des Studienkollektivs
- Uranium Miners Studies in Europe
- Lung Cancer Risk Among Former Uranium Miners of the „WISMUT“ in Thuringia and Saxony
- Biologisch motivierte Modelle der Tumor-Risikofunktion
- Comments on the BEIR VI Report
- Recent Developments in Radon Regulations and Research in the European Union
- Gesundheitliche Bewertung von Radon in Innenräumen: Vergleich mit anderen umweltbezogenen Gesundheitsrisiken und deren Regulation
- Radon an Arbeitsplätzen – Praxisorientierte Erfassung und Bewertung
- Radon in Trinkwasser
- Strahlenschutz in einer radonbelasteten Trinkwassergewinnungsanlage
- The Austrian Radon Survey
- Aktuelle Erfahrungen aus dem Radon-Programm der Schweiz
- Aktueller Stand der Entwicklung von radonbezogenen Bauvorschriften in der Bundesrepublik Deutschland

Heft 18

Empfehlungen zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken bei Anwendung magnetischer Resonanzverfahren in der medizinischen Diagnostik

1998, 74 Seiten, ISBN 3-437-25579-7, DM 27,-

Zum Inhalt:

Die magnetische Kernresonanz (nuclear magnetic resonance – NMR) hat heute in Chemie, Biologie und Medizin ein breites Anwendungsfeld gefunden. Die NMR-Bildgebung wird bei verschiedenen Fragestellungen unterschiedlicher medizinischer Fachgebiete routinemäßig mit großem Erfolg eingesetzt; zum Teil gibt es zur bildgebenden NMR-Diagnostik keine Alternative.

Die Vorteile der NMR in der medizinischen Diagnostik sind die Vermeidung ionisierender Strahlung und die Nichtinvasivität des Verfahrens. Der Patient wird jedoch bei diesem Verfahren statischen und zeitlich veränderlichen Magnetfeldern sowie hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ausgesetzt. Die physikalischen Parameter müssen dabei so begrenzt werden, daß diese Felder kein Gesundheitsrisiko darstellen.

Besonders beachtet werden müssen spezielle Risikogruppen, wie Patienten mit aktiven Implantaten (Herzschrittmacher) sowie mit leitfähigen oder ferromagnetischen Implantaten oder Einschlüssen. Bei diesen Patienten sind die Risiken gegenüber den diagnostischen Vorteilen der NMR-Untersuchung abzuwägen, ggf. müssen diese von einer solchen Untersuchung ausgeschlossen werden.

Zweck der SSK-Empfehlung ist es, Sicherheitsmaßnahmen zur Vermeidung von Gesundheitsrisiken für die Patienten durch die in der NMR-Diagnostik angewandten Felder (statische Magnetfelder, zeitlich veränderliche Magnetfelder, Hochfrequenzfelder) festzulegen.

Heft 19

UV-Strahlung und malignes Melanom

1998, 84 Seiten, ISBN 3-437-25599-1, DM 19,50

Zum Inhalt:

Seit mehreren Jahren kommt es zu einer Zunahme akuter und chronischer Schädigungen der Haut und der Augen, insbesondere zu einer Zunahme von Hautkrebserkrankungen, die zum größten Teil

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die SSK-Geschäftsstelle

nach vorausgegangener Exposition gegenüber ultravioletter (UV) Strahlung aufgetreten sind. Deshalb erschien es der Strahlenschutzkommission (SSK) sinnvoll, den internationalen Kenntnisstand aufgrund epidemiologischer Untersuchungen zum Auftreten des schwarzen Hautkrebses (malignes Melanom) zusammenzufassen. Hierzu wurden wissenschaftliche Veröffentlichungen der Jahre 1990 bis 1996 ausgewertet. Das Jahr 1996 wurde als zeitlicher Endpunkt festgesetzt, da hierfür in den Literaturdatenbanken zum Zeitpunkt der Bearbeitung von der Vollständigkeit relevanter Publikationen ausgegangen werden konnte. Das Hauptziel war die Charakterisierung der Risikofaktoren, die das Auftreten dieser schweren Erkrankung begünstigen sowie die Ermittlung des notwendigen Forschungsbedarfs. Die Strahlenschutzkommission sieht die in dem Heft enthaltene Stellungnahme und die wissenschaftliche Begründung als einen Beitrag an, die Prävention des malignen Melanoms weiter voranzutreiben.

Informationen der Strahlenschutzkommission

Zur Information der interessierten Öffentlichkeit gibt die Strahlenschutzkommission im Auftrag des BMU über die Geschäftsstelle seit 1997 die „Informationen der Strahlenschutzkommission“ heraus. Diese Broschüren sind kostenfrei über die Geschäftsstelle zu beziehen. In dieser Reihe sind 1998 erschienen:

Nummer 4

Schutz des Menschen vor solarer UV-Strahlung. Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission, 1995–1997

1998, 120 Seiten

Zum Inhalt:

Die Strahlenschutzkommission (SSK) beobachtet mit Sorge die durch ultravio-

lette Strahlung, kurz UV-Strahlung, verursachte Zunahme akuter und chronischer Hautschäden, insbesondere die Zunahme von Hautkrebserkrankungen. Ein Teil der in den letzten Jahrzehnten zu beobachtenden dramatischen Zunahme der Hautkrebserkrankungen ist durch die erhöhte UV-Exposition erklärbar, die auf ein geändertes Freizeit- und Sozialverhalten großer Teile der Bevölkerung zurückzuführen ist. Hierbei kommt der weit verbreiteten Auffassung, daß „braun“ mit „schön und gesund“ gleichzusetzten sei, eine besondere Rolle zu. Dieses derzeitige Schönheitsideal führt zu gezieltem, ausgiebigem Sonnenbaden nicht nur in der Freizeit, sondern in noch stärkerem Maße während der Urlaubszeit.

Die positive Wirkung der Sonne auf den Körper (Vitamin D3-Bildung) und auf die Seele des Menschen soll auch nicht vergessen werden. Für einen sinnvollen Umgang mit der Sonne, der es der Bevölkerung ermöglicht, diese positiven Eigenschaften zu nutzen, ohne sich einem erhöhten Hautkrebsrisiko auszusetzen, will die SSK mit den jetzt vorgelegten Empfehlungen Hinweise geben. Diese Empfehlungen stellen eine vervollständigte und überarbeitete Fassung der bereits in den Jahren 1990 und 1993 von der SSK herausgegebenen ausführlichen Informationen dar.

Die SSK gibt in ihren Schutzempfehlungen Ratschläge zur

- Gewöhnung der Haut an die Sonnenbestrahlung
- Art des Sonnenschutzes und dessen Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung (UV-Index)
- maximalen Zahl der jährlichen Sonnenbäder.

Sie stellt insbesondere fest, daß ein Sonnenbrand stets vermieden werden sollte, dies gilt vor allem für Kinder und Jugendliche.

Die SSK hat zu diesen Empfehlungen einen Dokumentationsteil erarbeitet, der die wissenschaftlichen Erkenntnisse über

die Wirkung der UV-Strahlung auf die Haut einschließlich der Risiken und Ursachen der Hautkrebsentstehung zusammenfaßt und damit die Schutzempfehlungen begründet.

Nummer 5

Strahlenschutz und Strahlenbelastung im Zusammenhang mit Polizeieinsätzen anlässlich von CASTOR-Transporten. Stellungnahmen und Empfehlungen der Strahlenschutzkommission sowie Erläuterungen zum Strahlenrisiko.

1998, 60 Seiten

Zum Inhalt:

- Strahlenschutz und Strahlenbelastung im Zusammenhang mit Polizeieinsätzen anlässlich von CASTOR-Transporten. Erläuterungen von Dr. G. Dietze, PTB, Stellvertretender Vorsitzender der SSK
- Bewertung der Kontamination beim Transport abgebrannter Brennelemente. Stellungnahme der SSK vom 03. 06. 1998
- Ergebnisse von Ganzkörpermessungen an Polizeieinsatzkräften (Dr. W. Eschner, Prof. Dr. H. Schicha, Universität zu Köln)
- Zur Strahlung bei CASTOR-Transporten. Stellungnahme der SSK vom 27. 02. 1997
- Begrenzung der Strahlenexposition von Polizeieinsatzkräften bis zum 18. Lebensjahr und von Polizeibeamtinnen. Stellungnahme der SSK vom 19. 09. 1996
- Stellungnahme der Strahlenschutzkommission zum Beitrag von H. Kuni, Marburg „Gefährdung der Gesundheit durch Strahlung des CASTOR“ vom 22. 09. 1995

Das Bundesamt für Strahlenschutz

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 52. Sitzung des Kerntechnischen Ausschusses, die 63. und 64. Sitzung des Präsidiums des KTA und 13 Sitzungen der verschiedenen Unterausschüsse, zusammen also 16 Sitzungen betreut. Darüber hinaus fanden 66 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 das KTA-Regelwerk betreffenden Fragestellungen, umfaßt dies auch die Zuarbeit und die aktive Mitarbeit in einigen internationalen Arbeitsgremien.

Der KTA hat auf seiner 52. Sitzung am 16. Juni 1998 das Arbeitsprogramm „KTA 2000“ beschlossen und den KTA-Unterausschuß „Programm und Grundsatzfragen“ federführend mit der Umsetzung beauftragt. Erste Zielstellung ist, dem KTA auf seiner 53. Sitzung im Juni 1999 die „KTA-Grundlagen“ verabschiedungsreif vorzulegen und für alle 7 „KTA-Basisregeln“ (Kontrolle der Reaktivität, Kühlung der Brennelemente, Einschluß der radioaktiven Stoffe, Begrenzung der Strahlenexposition, Allgemeine technische Anforderungen, Methodik der Nachweisführung und personellorganisatorische Maßnahmen) vollständige qualifizierte Texte zu erarbeiten. Die Obleute der dazu gebildeten Arbeitsgremien sind aus den Gruppen des KTA berufen. Die Arbeitsgremien werden durch die KTA-Geschäftsstelle unterstützt. Erste Ergebnisse dieser Arbeitsgremien sollen auf einer KTA-Obleutetagung Ende Januar 1999 vorliegen.

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 52. Sitzung des KTA am 16. Juni 1998 umfaßt das KTA-Regelwerk

- 86 Regeln
- 6 Regelentwürfe
- 5 Regelentwürfe in Vorbereitung.

18 Regeln befinden sich in Änderungsverfahren, bei 4 davon liegt der Änderungsentwurf (Gründruck) vor.

Die Regelvorhaben, über die auf der 52. Sitzung des KTA am 16. Juni 1998 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 1997/1998 und 1998/1999 (ISSN 0942-5969) – herausgegeben von der KTA-Geschäftsstelle – enthalten.

KTA-Regeln und -Regelentwürfe sind erhältlich bei

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

Englische Übersetzungen von KTA-Regeln sind erhältlich bei

der KTA-Geschäftsstelle.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Die KTA-Geschäftsstelle

Im Jahr 1998 vom KTA auf seiner 52. Sitzung gefaßte Beschlüsse

Aufstellung von KTA-Regeln (Regeländerungen) (Fassung 6/98)

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 3204
Reaktordruckbehälter-Einbauten

Verabschiedung des KTA-Regelentwurfs (Fassung 6/98)

KTA 1503.3
Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener radioaktiver Stoffe;
Teil 3: Überwachung der nicht mit der Kaminfortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe

Verabschiedung von KTA-Regeländerungsentwürfen (Fassung 6/98)

KTA 3902
Auslegung von Hebezeugen in Kernkraftwerken

KTA 3903
Prüfung und Betrieb von Hebezeugen in Kernkraftwerken

KTA 3905
Lastanschlagpunkte an Lasten in Kernkraftwerken

Einleitung von Änderungsverfahren zu KTA-Regeln

KTA 3211.1 (06/91)
Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises;
Teil 1: Werkstoffe

KTA 3602 (06/90)
Lagerung und Handhabung von Brennelementen, Steuerelementen und Neutronenquellen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren

KTA 3701 (06/97)
Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken
(redaktionelle Änderungen)

KTA 3702.1 (06/80)
Notstromerzeugungsanlagen mit Dieselaggregaten in Kernkraftwerken;
Teil 1: Auslegung

KTA 3702.2 (06/91)
Notstromerzeugungsanlagen mit Dieselaggregaten in Kernkraftwerken;

Teil 2: Prüfungen
(redaktionelle Änderungen)

KTA 3703 (06/86)
Notstromanlagen mit Batterien und Gleichrichtergeräten in Kernkraftwerken
(redaktionelle Änderungen)

KTA 3704 (06/84)
Notstromanlagen mit Gleichstrom-Wechselstrom-Umformern in Kernkraftwerken
(redaktionelle Änderungen)

KTA 3705 (09/88)
Schaltanlagen, Transformatoren und Verteilungsnetze zur elektrischen Energieversorgung des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken
(redaktionelle Änderungen)

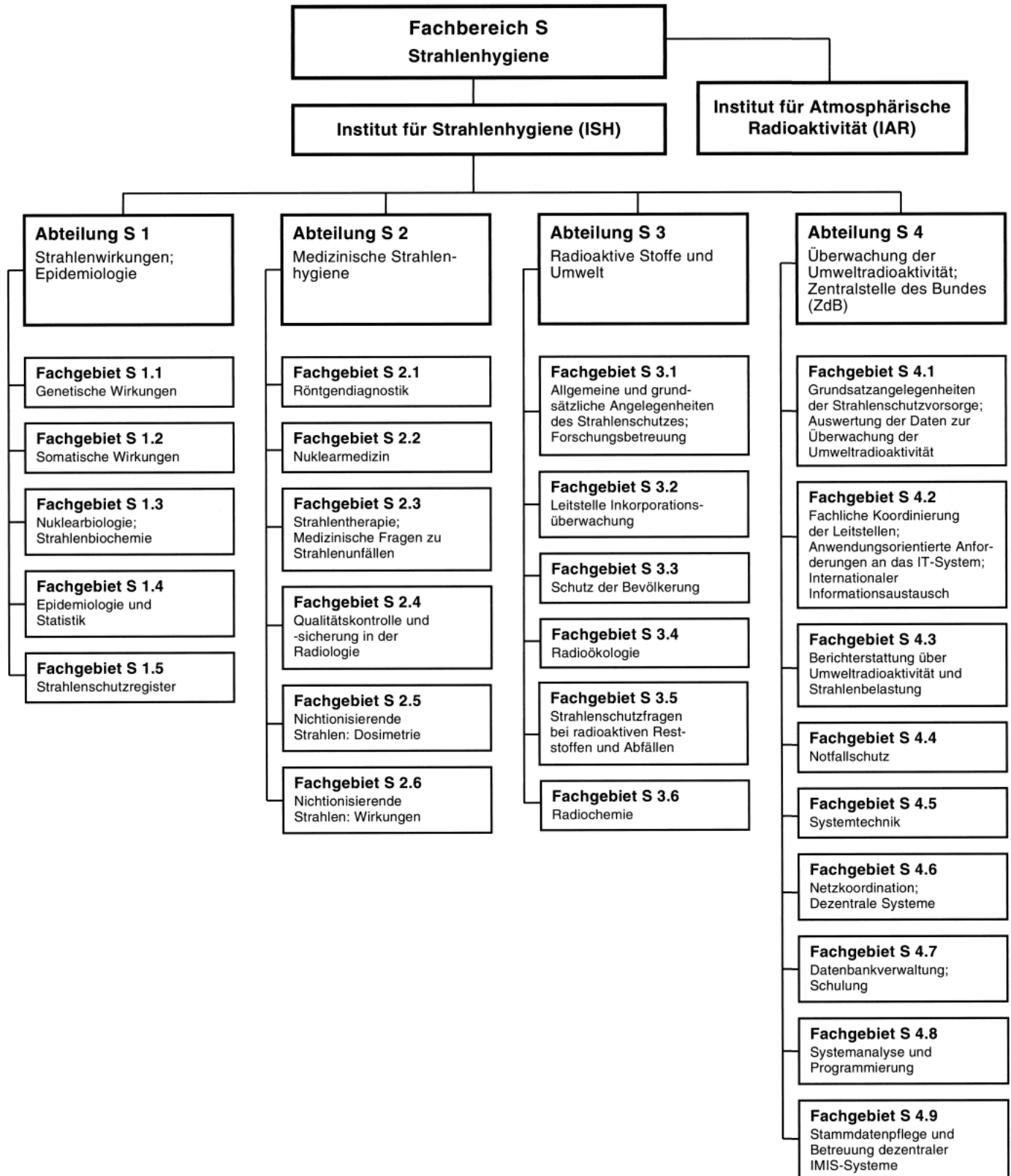
Die nach Ablauf von fünf Jahren nach Regelaufstellung bzw. -überprüfung erforderliche Prüfung hat ergeben, daß Änderungsbedürftigkeit bei folgenden KTA-Regeln nicht besteht

KTA 3401.1 (09/88)
Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl;
Teil 1: Werkstoffe und Erzeugnisformen

KTA 3404 (09/88)
Abschließung der den Reaktorsicherheitsbehälter durchdringenden Rohrleitungen von Betriebssystemen im Falle einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen in den Reaktorsicherheitsbehälter

KTA 3504 (09/88)
Elektrische Antriebe des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken

KTA 3904 (09/88)
Warte, Notsteuerstelle und örtliche Leitstände in Kernkraftwerken



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 Sitz 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-Strahlung. Ziel ist das bessere Verständnis und die Quantifizierung von Strahlenwirkungen auf Mensch und Umwelt.

Im epidemiologischen Bereich liegt ein Arbeitsschwerpunkt in der Koordinierung einer Kohortenstudie an Beschäftigten der ehemaligen Wismut-AG (Uranerzbergarbeiter). Dazu wurde 1998 mit der Ermittlung der Todesfälle in einer Kohorte von ca. 64 000 Personen, für die dem BfS arbeitsanamnestische und gesundheitliche Angaben zur Verfügung stehen, begonnen. Diese weltweit einmalige Studie wird langfristig erlauben, die durch Radonexpositionen bedingten Risiken besser zu charakterisieren und zu quantifizieren.

Ein weiteres wichtiges Aufgabengebiet des Fachbereiches ist das Strahlenschutz-

register, in dem die Expositionswerte aller beruflich strahlenexponierten Personen gespeichert und ausgewertet werden. Hier wurden durch internationale Verknüpfungen Aufgaben der Harmonisierung in der EU übernommen.

Zur Bewertung der medizinischen Anwendung ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe erfaßt das ISH die daraus resultierenden Strahlenexpositionen und mögliche Effekte ionisierender Strahlen auf die Gesundheit des Menschen, insbesondere im Bereich niedriger Strahlendosen. Im Jahr 1998 wurde durch Fachgespräche mit ärztlichen Stellen eine weitere Optimierung des Strahlenschutzes in diesem Bereich angestrebt.

Zunehmende Anforderungen sind bei der Beurteilung der Wirkungen nichtionisierender Strahlen (elektromagnetische Felder, UV-Licht) aus biologischer und medizinischer Sicht festzustellen.

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 radioökologische Modelle eingesetzt.

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

Abteilung S 1 Strahlenwirkungen/ Epidemiologie

Die Mitarbeiter der Abteilung sind auf den Gebieten der Strahlenbiologie, Epidemiologie und der Risikobewertung tätig. Sie untersuchen die Mechanismen der Wirkung ionisierender Strahlung auf menschliche Zellen im Bereich niedriger Dosen. Aus den Ergebnissen dieser strahlenbiologischen Wirkungsforschung können Zusammenhänge zwischen der Strahlenexposition und der Strahlenwirkung abgeleitet werden. Mit Hilfe epidemiologischer Untersuchungen und basierend auf dem Wissen von Strahlenwirkungen lassen sich dann Risikokoeffizienten ermitteln und damit Strahlenrisiken quantifizieren.

Zur Dokumentation und Auswertung der Expositionen beruflich strahlenexponierter Personen existiert eine Datenbank: das Strahlenschutzregister. Diese Datenbank soll auch epidemiologischen Untersuchungen zugänglich gemacht werden.

Die Arbeiten haben zum Ziel Eingreifrichtwerte und Grenzwerte, die in der Strahlenschutzgesetzgebung angewendet werden, zu überprüfen und gegebenenfalls Empfehlungen für eine Anpassung von Optimierungsverfahren im Strahlenschutz an neuere biomedizinische Erkenntnisse vorzuschlagen.

Die Abteilung Strahlenwirkungen/Epidemiologie besteht aus fünf Fachgebieten.

Im Fachgebiet **Genetische Wirkungen** werden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Einführung neuer zytogenetischer und molekulargenetischer Methoden und deren rechnergestützte Automatisierung.
- Klärung strahlenbiologischer Wirkungsmechanismen bei kleinen Strahlendosen unter Anwendung zytogenetischer Arbeitsmethoden.

- Chromosomenanalysen bei beruflich strahlenexponierten Personen und Strahlenverunfallten zum Zwecke der biologischen 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 mit zytogenetischen Methoden.

Im Fachgebiet **Somatische Wirkungen** werden die Ergebnisse somatischer Früh- und Spätfolgen von Strahlenexpositionen beim Menschen erfaßt und bewertet. Die Hauptaufgabe hierbei ist die Bewertung des Krebsrisikos nach der Exposition mit ionisierenden Strahlen. Dies ist insofern schwierig, da sich das Krebsrisiko in der Regel erst nach Jahren oder Jahrzehnten manifestiert. Die Ergebnisse der Bewertungen der stochastischen und deterministischen Strahlenwirkungen lassen sich bei der Festsetzung von Dosisgrenzwerten im Strahlenschutz verwenden.

Schwerpunkte der Arbeit des Fachgebiets sind:

- Analyse und Validierung der für die epidemiologische Kohortenstudie bei ehemaligen Wismut-Beschäftigten des Uranerzbergbaus erhobenen Datensätze.
- Experimentelle Untersuchungen zu den Mechanismen der strahlenbedingten Krebsinduktion bei primären Zellkulturen.
- Bewertung strahleninduzierter somatisch-stochastischer Risiken des Menschen und teratogener Strahlenwirkungen.
- Risikoanalysen von Strahlenexpositionen.

Im Fachgebiet **Nuklearbiologie/Strahlenbiochemie** wird angewandte Forschung zu Fragen der biologischen Wirkung ionisierender Strahlen im Niedrigdosisbereich und bei niedriger Dosisleistung betrieben, initiiert und koordiniert. Für die experimentellen Arbeiten steht das Zentrale Zellkulturlabor als abteilungsübergreifende Or-

ganisationseinheit zur Verfügung, mit folgenden Schwerpunkten:

- 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. Zu diesem Schwerpunkt koordiniert das Fachgebiet ein von der Europäischen Union geförderter Forschungsvorhaben an dem 6 Laboratorien aus 5 europäischen Ländern beteiligt sind.
- Bewertung von Kombinationseffekten zwischen chemotoxischen und radiologischen Noxen und Klärung möglicher Wechselwirkungen.

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

- Koordination und Durchführung der Deutschen Bergarbeiterstudie an 60.000 ehemaligen Wismut-Uranerz-Bergarbeitern mit Arbeiten der Validierung der arbeitsanamnestischen Daten, der Gesundheits- und Expositionsdaten, Ermittlung des Vitalstatus „lebend-verstorben“ für die ca. 64.000 Kohortenmitglieder (in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet 'Somatische Wirkungen').
- Mitarbeit bei der gepoolten, retrospektiven Kohortenstudie (Europäische Bergarbeiterstudie) der Länder Frankreich, Tschechische Republik und Deutschland.
- Mitwirkung bei einer epidemiologischen Studie über die gesundheitlichen Auswirkung auf die Wohnbevölkerung im Altai (Russische Föderation) als Folge der sowjetischen Atombombentests im benachbarten Testgelände Semipalatinsk, Kasachstan.
- Epidemiologische Untersuchungen zu Krebserkrankungen in Bayern nach dem Tschernobyl-Unfall.

- 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. Inzwischen werden 95 % aller Personendosisfeststellungen regelmäßig an das Register übermittelt. 1998 wurde ein Personenidentifizierungsverfahren zur sicheren Zuordnung der von den verschiedenen Stellen eingehenden personenbezogenen Daten zu den überwachten Personen entwickelt und eingeführt. Die Erfassung und Verarbeitung der Daten über registrierte Strahlenpässe erfolgt bereits seit längerer Zeit. Die Erfassung und Auswertung von Inkorporationsmeldungen wird z. Z. vorbereitet.

Die Mitarbeiter des Fachgebiets wirken ferner bei der organisatorischen und methodischen Weiterentwicklung der individuellen Strahlenschutzkontrolle mit.

Auf dem Gebiet der angewandten Forschung wurden Arbeiten über die 'Meßunsicherheit in der Personendosimetrie' und 'Die aktive Personenidentifikation in großen Datenbanken' durchgeführt.

In dem Fachgebiet wird eine von der EU finanzierte Studie zu dem Thema 'Berufliche Strahlenexposition in den Ländern der Europäischen Union' durchgeführt, die im kommenden Jahr auf die Länder Zentral- und Osteuropas ausgedehnt wird.

Abteilung S 2 Medizinische Strahlenhygiene und nichtionisierende Strahlung

Diese Abteilung hat die Aufgabe, die aus der medizinischen Anwendung ionisierender 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 **Röntgen-diagnostik** werden im wesentlichen von der Tatsache bestimmt, daß der größte Teil der künstlichen Strahlenexposition der Bevölkerung aus der Röntgendiagnostik resultiert. Arbeitsschwerpunkte im Jahr 1998 waren:

- Beurteilung röntgendiagnostischer Verfahren unter den Gesichtspunkten der Häufigkeit, der Strahlenexposition und der diagnostischen Aussagekraft bzw. des therapeutischen Nutzens.
- Erhebung von aktuellen Daten zur Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen zur Abschätzung der Strahlenexposition der Bevölkerung. Eine wesentliche zukünftige Aufgabe ist die Erfassung und Berücksichtigung der Altersverteilung der strahlenexponierten Patienten im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung.
- Unterstützung des BMU bei der Umsetzung der Patientenrichtlinie 97/43/Euratom zum Schutz der Patienten vor ionisierender Strahlung in der Medizin in nationales Recht.
- Durchführung von Fachgesprächen mit dem Ziel der Reduktion der Strahlenexposition in der diagnostischen Radiologie und der Etablierung von diagnostischen Referenzwerten. Damit wurden die Grundlagen erarbeitet, um den sich aus den neuen EU-Richtlinien ergebenden Anforderungen gerecht zu werden.
- Begutachtung von Anträgen auf Genehmigung zur Anwendung von Röntgenstrahlen am Menschen in der medizinischen Forschung nach § 24 Abs. 2 RöV. Dabei wurde eine deutliche Steigerung der zu bearbeitenden Anträge verzeichnet.
- Der Fachgebietsleiter wirkte im Ausschuß „Medizin und Strahlenschutz“ der SSK bei Empfehlungen zur nuklearmedizinischen Therapie mit, wobei

aufgrund von fachlicher Zuarbeit des Fachgebiets „Nuklearmedizin“ Erleichterungen für die Patienten vor allem bei palliativer Therapie ohne Einschränkung des Strahlenschutzes erreicht werden konnten.

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

- Begutachtung von Anträgen zur Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlen am Menschen in der medizinischen Forschung nach § 41 StrlSchV unter dem Gesichtspunkt der Dosimetrie.
- 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.
- Beurteilung der Strahlenwirkung und des Strahlenrisikos nuklearmedizinischer Verfahren, unter anderem durch Dosisermittlung auf zellulärer Ebene.
- Entwicklung und Beurteilung biokinetischer Modell 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.
- 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 Vergleich der Ergebnisse mit den Ergebnissen von NRPB.
- Entwicklung eines PC-Programms, das begleitend zur ICRP-Publikation 78 betrieben werden soll.

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. Dabei war festzustellen, daß die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) für die Klinik zunehmend an Bedeutung gewinnt, insbesondere für neurologisch/psychiatrische, kardiologische sowie onkologische Fragestellungen. Im innereuropäischen Vergleich hat Deutschland die bei weitem größte Anzahl an PET-Installationen.

- Medizinische Bewertung des Risikos aus einer Strahlenexposition. In diesem Zusammenhang wurde u. a. die Frage nach dem Nutzen/Risiko-Verhältnis der Radon-Balneotherapie gestellt. Aus strahlenhygienischer Sicht sind dabei einerseits die vorliegenden Kasuistiken 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:

- 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.
- Beteiligung an einem von der Deutschen Röntgengesellschaft durchgeführten Ringversuch zur Beurteilung der Bildqualität und Strahlendosis an CT-Systemen unterschiedlicher Hersteller.

Die beiden Fachgebiete **Nichtionisierende Strahlen** besitzen durch die weitverbreiteten Befürchtungen über biologische Wirkungen niederfrequenter elektromagnetischer Felder, durch die 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 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 Betriebsablaufs in Zusammenarbeit mit UBA und DWD; Untersuchung der Energieabsorption im Nahbereich von Anlagen der Energieversorgung und von Haushaltsgeräten; Auswertung einer Studie zur individuellen Exposition durch niederfrequente magnetische Felder.
- Grenzwertempfehlungen: Mitarbeit bei der Erstellung von internationalen Empfehlungen über elektromagnetische Felder.
- Forschungskoordination: Initiierung und Betreuung von Ressortforschungsprojekten im Bereich der nichtionisierenden Strahlung im Rahmen des UFO-Plans des BMU. Auf internationaler Ebene Beteiligung an der Forschungskoordination 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 zur Empfehlung zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern.

Das Fachgebiet **Nichtionisierende Strahlen: Wirkungen** umfaßt die folgenden Arbeitsaufgaben:

- Beurteilung der biologischen Wirkungen nichtionisierender Strahlung einschließlich Ultraschall.
- Bewertung der Anwendung nichtionisierender Strahlung in der Medizin, insbesondere unter dem Gesichtspunkt des Patientenschutzes.

- Initiierung und Betreuung von Ressortforschungsprojekten zu Feldwirkungen auf zellulärer Ebene (HF), zur Brustkrebspromotion im Rattentiermodell (50 Hz), zum Einfluß gepulster Mikrowellen auf die akustische Wahrnehmung, sowie zur epidemiologischen Untersuchung der Frage, ob häusliche Magnetfelder einen Einfluß auf die kindliche Leukämie haben. Zur Beurteilung von möglichen Effekten und gesundheitlichen Risiken bei medizinischen Anwendungen wurden darüber hinaus zwei Projekte zur Magnet-Resonanz-Tomographie und ein Projekt zur Ultraschallapplikation betreut.
- 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 Strahlenexposition durch verschiedene Baustoffe und durch Bedarfsgegenstände.

Radioökologische Modelle werden eingesetzt, um potentielle Strahlenexpositionen der Bevölkerung bei der Entsorgung schwach kontaminierter Abfälle aus einem genehmigungsbedürftigen Umgang abzuschätzen.

Eine weitere Aufgabe der Abteilung sind unterstützende Maßnahmen (Konzepte, Richtlinien, Qualitätssicherung usw.) bei der Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen durch die Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS.

Zur retrospektiven Ermittlung der äußeren Strahlenexposition werden Messungen mittels Thermolumineszenz bzw. Chemolumineszenz an Umgebungsmaterialien wie Ziegel, Kacheln usw. durchgeführt (Dosisrekonstruktion, Unfalldosimetrie).

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 Zusammenarbeit 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 und die Festlegung von Dosisgrenzwerten.
- 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 Koordination 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 Qualitätsmaßnahmen bei den Inkorporationsmeßstellen 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 bestimmungsgemäßigem 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 Strömungs- und Ausbreitungsmodelle.

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

- Übergang von Radionukliden in die Muttermilch und die daraus resultierende Strahlenexposition eines Säuglings.
- Langzeitverhalten von Radionukliden in Wäldern.
- Entwicklung und Analyse von radioökologischen Modellen zur prognostischen Abschätzung der Strahlenexposition durch in die Umwelt emittierte Radionuklide.

- Fachliche Bewertung und Weiterentwicklung des radioökologischen Störfallmodells PARK, das im Zusammenhang mit dem Integrierten Meß- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) erstellt wurde.

- Funktion als Leitstelle für Tabak, Bedarfsgegenstände, Arzneimittel und deren Ausgangsprodukte.

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

- Da insbesondere bei künftigen Stillelegungen von Kernkraftwerken große Mengen schwach kontaminierter Abfälle anfallen, werden Vorbereitungen für rechtsverbindliche, bundeseinheitliche Regelungen getroffen (Novelle Strahlenschutzverordnung). Diese sieht u. a. die Festlegung von Freigabewerten vor.
- 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 wurden Konzepte zur Entsorgung großer Abfallmengen entwickelt und 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 innerhalb eines Maßnahmenkatalogs eine rasche Entscheidungshilfe beim Umgang mit den kontaminierten Abfällen bieten.

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

- Dosisrekonstruktion: für die nachträgliche Dosismittlung bei einer externen Strahlenexposition werden Untersuchungen mit Hilfe der Chemolumineszenz und Thermolumineszenz an Umgebungs- bzw. Baumaterialien (Zucker, Zuckeraustauschstoffe, Ziegel, Kacheln usw.) durchgeführt.

- Inkorporationsüberwachung: im Rahmen der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BFS werden Aufgaben zur Qualitätssicherung (EN 45000, ISO 7000) zu Überwachungsprogrammen sowie zur Ermittlung von Forschungs- und Regelungsbedarf auf diesem Gebiet wahrgenommen.
- Betrieblicher Strahlenschutz: Koordination, Organisation und Durchführung des Strahlenschutzes im ISH, 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 Umweltradioaktivität (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 Strahlenexposition 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 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.).
- 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.

- 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“.

Der Parlamentsbericht und die BfS-Schrift finden sich als Volltext auch im Internet (www.bfs.de).

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 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 bezüglich der 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.

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:

- 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:

- 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

Anwendung der Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung für die Analyse von Chromosomenaberrationen

Symmetrische Translokationen, die mit der Methode der Fluoreszenz-in-situ-

Hybridisierung (FISH) besonders gut erfaßt werden können, sollen als stabile Aberrationen für eine retrospektive biologische Dosimetrie geeignet sein. Wichtige Voraussetzung für die Anwendung als Indikator für Strahlenexpositionen ist die Kenntnis der spontanen Translokationshäufigkeit und die Persistenz von Translokationen. Zur Klärung dieser Frage wurden Untersuchungen an gesunden Kontrollpersonen durchgeführt, um mögliche die Translokationshäufigkeit beeinflussende Faktoren, wie z. B. Alter und Rauchgewohnheit, zu ermitteln. Um Informationen bezüglich der Persistenz von Translokationen zu erhalten, wurden Untersuchungen bei Arbeitern der russischen Atomfabrik Majak und bei Personen, die am Fluß Tschernobyl leben, durchgeführt. Weiterhin wurden ehemaligen Wismut-Uranerz-Bergarbeiter entsprechend untersucht, um mögliche Relationen zwischen der Strahlenexposition und der Häufigkeit von Chromosomenaberrationen herstellen zu können. Die Ergebnisse könnten die epidemiologischen Untersuchungen bzw. Aussagen unterstützen.

An Strahlentherapiepatienten werden Apoptosen, Nukleosomen und strukturelle Chromosomenaberrationen in peripheren Lymphozyten untersucht. Die Ergebnisse werden mit medizinischen Daten zusammengeführt, um mögliche Korrelationen zwischen Therapieverlauf und den gemessenen biologischen Endpunkten herstellen zu können.

Sowohl bei in vitro als auch in vivo Untersuchungen wurden dizentrische Chromosomen und Translokationen pro Dosiseneinheit gleich häufig beobachtet, wie es theoretisch zu erwarten ist. Im niedrigen Dosisbereich wurden allerdings mehr Translokationen als dizentrische Chromosomen beobachtet. Weil Translokationen als stabile Aberrationen von Zellteilung zu Zellteilung weitergegeben werden können und sie im Zusammenhang mit der Krebsentstehung stehen, besitzen sie ein potentielles gesundheitliches Risiko. Daher ist es sehr wichtig der Frage nachzugehen, warum im niedrigen Dosisbereich mehr Translokationen als dizentrische Chromosomen induziert werden.

Gemeinschaftsprojekt 'Genetic susceptibility and radiation response'

Zusammen mit den GSF-Instituten Säuger-genetik und Strahlenbiologie ist das ISH in ein Gemeinschaftsprojekt 'Genetic susceptibility and radiation response' eingebunden.

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 strahleninduziertem 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 strahleninduzierter Tumore besitzen. Diese Unterschiede sind nicht bedingt durch Unterschiede in der Zahl der Zielzellen oder durch systemische oder zelluläre Einflüsse auf die Tumorsektion. 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 an der Strahlenempfindlichkeit und bei strahleninduzierten Krebserkrankungen beteiligt sind, zu entschlüsseln.

Das Entschlüsseln dieser Mechanismen ist unmittelbar die Voraussetzung um strahlenempfindliche Individuen detektieren, deren Anteil an der Bevölkerung abschätzen und das Ausmaß der Strahlenempfindlichkeit quantifizieren zu können. Die Grenzwertsetzung im Strahlenschutz für beruflich strahlenexponierte Personen und für die Bevölkerung wird durch diese Erkenntnisse direkt beeinflusst.

Als Untersuchungsmethode für diese Fragestellung wurde der Comet-Assay installiert, mit dem direkt und indirekt induzierte

Strahlenschäden an der DNA nachgewiesen und bei einer zeitlich gestaffelten Anwendung eine In-vitro-Analyse der Reparaturkapazität durchgeführt werden können. Der Comet-Assay ist eine Untersuchungsmethode zum Nachweis genotoxischer Effekte auf Einzelzellniveau.

Deutsche Bergarbeiterstudie: Kohortenstudie an ehemaligen Uranerzbergarbeitern der Wismut SDAG

Das BfS koordiniert die 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. Die Datenerhebung wurde zwischenzeitlich abgeschlossen, der Datenbestand wird analysiert und validiert. Die umfassende Ermittlung des Vitalstatus 'lebend-verstorben' wurde eingeleitet, nachdem datenschutzrechtliche Hemmnisse beseitigt werden konnten. Für die Durchführung dieses Follow-up wurde über die Forschungsfinanzierung 'UFO-Plan' ein Kooperationspartner gewonnen, der im Verbund mit dem Projektmanagement diese Arbeiten durchführt.

Ein weiterer, wesentlicher Punkt ist die individuelle retrograde Dosismessung für jedes Kohortenmitglied. Hierfür stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Es sind dies einmal die Job-Exposure-Matrix (JEM) und die Individuelle Expositions-Kartei (IEK).

Die JEM stützt sich für den Zeitraum 1946 bis 1954, für den keine Meßwerte vorliegen, auf Schätzungen unter Berücksichtigung der natürlichen Bewitterung und der örtlichen Uran-Fördermenge. Ab 1955 bis 1989 liegen Messungen der Wismut SAG/SDAG vor, die in die JEM eingearbeitet wurden. Die produktionspezifischen Bewertungsziffern wurden mit den Ergebnissen der ersten Messungen verglichen und daraus die Jahresexpositions-werte der JEM für jedes Objekt und für die Tätigkeit „Hauer“ berechnet.

Grundlage der für den Zeitraum 1972–1989 vorliegenden IEK-Werte sind Arbeitsort-spezifische Messungen der Wismut SDAG, die unter Verwendung

der tatsächlich geleisteten Schichten (1985–1989) in individuelle Jahres-Dosiswerte umgerechnet wurden.

Die IEK-Werte sind örtlich und zeitlich differenzierter als die JEM-Werte. In einem Vergleich der Ergebnisse sollen die Unterschiede beider Verfahren quantifiziert werden.

Neues Leistungsmerkmal beim Strahlenschutzregister

Das Strahlenschutzregister hat die regelmäßige Auswertung des Datenbestandes zur Feststellung von Grenzwert-Überschreitungen aufgenommen. Die vorliegenden Personendosis-meldungen werden monatlich daraufhin überprüft, für welche Personen die Summe ihrer Dosiswerte Grenzwerte der Körperdosis gemäß Strahlenschutz- oder Röntgenverordnung übersteigt. In diesen Fällen werden die für die Betriebe, in denen die Personen arbeiten, zuständigen Aufsichtsbehörden von der Überschreitung benachrichtigt.

Nachdem seit 1995 die Erfassung und Überwachung der Strahlenpässe mit der ORACLE-Datenbank des Strahlenschutzregisters erfolgt und vor einem Jahr die regelmäßige Übermittlung der Personendosis-meldungen durch die Meßstellen an das Strahlenschutzregister aufgenommen wurde, erfüllt das Register nunmehr eine weitere wesentliche Aufgabe. Mit der zentralen Dosiskontrolle wird eine personenbezogene Überwachung unabhängig vom Ort und von der Dauer der beruflichen Strahlenexposition sichergestellt.

Noch nicht in die Auswertung eingeschlossen sind die Ergebnisse von zwei Personendosis-Meßstellen, deren Anteil an der Anzahl der Überwachten in Deutschland aber nur 5 % beträgt. Mit diesen Meßstellen besteht vorläufig noch ein probeweiser Datenverkehr.

Ferner enthalten die vom Register festgestellten Dosiswerte noch keine Beiträge aus der Inkorporationsüberwachung. Die Übermittlung von Inkorporations-meldungen an das Strahlenschutzregister wird zur Zeit von den Meßstellen aufgrund einer vom Register erstellten Formatanforderung vorbereitet.

UV-Meßnetz

Auch in diesem Jahr konnte an allen Stationen des UV-Meßnetzes ohne nennenswerte Geräteausfälle die bodennahe solare UV-Strahlung gemessen werden. Mit einer Auswertung und Veröffentlichung der Daten in Form eines Jahresberichtes ist bis zum Frühsommer des nächsten Jahres zu rechnen. Mit Hilfe einer zeitlich befristeten personellen Verstärkung war es darüber hinaus möglich, eine für den kontinuierlichen Meßbetrieb benötigte Qualitätssicherungsstrategie zu entwickeln. Ziel ist es, die Meßgenauigkeit besser abschätzen zu können – eine Voraussetzung dafür, den durch Ozonabbau langfristig erwarteten Anstieg der bodennahen UV-Strahlung zu quantifizieren. Im Bereich Öffentlichkeitsarbeit wurde in diesem Jahr erstmalig die 3-Tages-UV-Prognose ergänzt durch eine tägliche aktuelle Berichterstattung bezüglich der an 8 Standorten gemessenen UV-Strahlung.

Fachliche Koordinierung der Forschungsbetreuung

Das BfS vergibt im Auftrag des BMU Untersuchungsvorhaben auf dem Gebiet des Strahlenschutzes. Die Ergebnisse dieser Vorhaben dienen als Entscheidungshilfen bei der Erarbeitung von Strahlenschutzvorschriften und bei der Erfüllung der durch Rechtsvorschriften geforderten Fachaufgaben des BMU im Bereich Strahlenschutz. Zur Zeit werden etwa 60 Vorhaben gefördert. Die Planung, d. h. die jährliche Erarbeitung des UFOPLAN RS, die Koordinierung der fachlichen Vorbereitung, Vergabe, Begleitung, sowie die Dar-

stellung der Ergebnisse der Untersuchungsvorhaben ist Aufgabe des Fachgebietes S 3.1. Jeweils zu Anfang eines Jahres wird in einem umfangreichen ISH-Bericht informiert über die Ergebnisse bzw. Zwischenergebnisse der Strahlenschutzvorhaben des Ressortforschungsprogramms.

EU-Kontaktstelle für 5. Rahmenprogramm

Das 5. Rahmenprogramm der EU umfaßt verschiedene Aktionen in einer ganzen Reihe von Bereichen:

- (a) Leitaktionen in vielen Teilbereichen (einer davon ist EURATOM)
- (b) generische Aktivitäten (unter EURATOM ist dies der Strahlenschutz)
- (c) Förderung der Forschungsinfrastruktur.

Für die meisten Bereiche sind BMBF Projektträgerschaften für die nationalen Kontakte zuständig. Unter (a) gibt es im Rahmen der Leitaktion Kernspaltung einen Teil Strahlenschutz (im wesentlichen Notfallplanung). Für diesen Teil und den Teil EURATOM (b) und (c) wurde das Institut für Strahlenhygiene als nationale Kontaktstelle benannt. Im Rahmen dieser Kontaktstellenarbeit wurden Internet-Seiten mit entsprechenden Links zu anderen Kontaktstellen erstellt, insbesondere zur GRS und zur DLR, die die Kontaktstellenarbeit koordiniert. Desweiteren wurde für den Aufbau der DLR-Datenbank SARAH ein Stichwortverzeichnis erarbeitet, um so optimal die Interessenten zu beraten,

wenn Anfang 1999 der Aufruf zur Abgabe von Projekt-Vorschlägen kommt.

Entwicklung von Methoden zur Dosisrekonstruktion unter Verwendung optisch stimulierter Lumineszenz

Die Rekonstruktion der Dosis ist von großer Bedeutung bei außergewöhnlichen Ereignissen, die mit einer hohen externen Strahlenexposition verbunden sind. Von dem Ergebnis der Untersuchung hängen die weiteren Maßnahmen ab. Der Effekt der optisch stimulierten Lumineszenz (OSL) läßt sich mit Hilfe von Umgebungsmaterialien an Orten, an denen üblicherweise keine Dosimetrie vorgenommen wird, zur nachträglichen Ermittlung der Ortsdosis einsetzen. Geeignete Umgebungsmaterialien sind dabei keramische Produkte wie Ziegel, Dachpfannen, Porzellan u.ä. Ziel der Untersuchung ist es, die OSL an Umgebungsmaterialien als eine Methode der retrospektiven Dosimetrie am Institut für Strahlenhygiene zu installieren. Dazu konzentrierten sich die Tätigkeiten auf:

- die Bestimmung der Materialeigenschaften einheimischer Ziegeleiprodukte (Sensitivität, Homogenität usw.),
- die Untersuchung der Anwendbarkeit spezieller Meßmethoden (Feinkorn-, Grobkornaufbereitung),
- die Untersuchung von Nachweisgrenze und Meßunsicherheit anhand einheimischer Ziegeleiprodukte.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen den routinemäßigen Einsatz der OSL für die Dosisrekonstruktion gestatten.

Chromosomenaberrationen in gesunden Kontrollpersonen

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

Die Chromosomenanalyse in peripheren Lymphozyten ist das empfindlichste und zuverlässigste biologische Verfahren zur Quantifizierung von Strahlenexpositionen. Charakteristisch für ionisierende Strahlung ist das dizentrische Chromosom, das als instabile Aberration besonders für den Nachweis von akuten oder kurze Zeit zurückliegenden Strahlenexpositionen geeignet ist. Translokationen als stabile Aberrationen sollen, weil sie über Jahre persistieren, für chronische Strahlenexpositionen oder solche, die Jahre zurückliegen, geeignet sein. Voraussetzung für den Nachweis einer Strahlenexposition ist jedoch die Kenntnis über die Häufigkeit der entsprechenden Aberration in gesunden Kontrollpersonen, da in den allermeisten Fällen die Häufigkeit der Aberrationen einer Person vor der Exposition nicht bekannt ist.

Für die Erkennung von Translokationen wurden chromosomenspezifische biotinylierte DNS-Proben für die Chromosomen 2, 4 und 8 eingesetzt und gleichzeitig eine digoxigenierte „All-Human-Zentromerprobe“. Die Kontrolle umfaßt 53 Personen (20 Frauen und 33 Männer), von denen insgesamt 136.286 Zellen analysiert wurden. Das Alter lag zwischen 20 und 73 Jahren. Die mittlere Translokationshäufigkeit beträgt 2,02 pro 1.000 Zellen (**Tabelle S-1**). Sie ist 12,5 mal höher als die mittlere Häufigkeit dizentrischer Chromosomen mit 0,16 pro 1.000 Zellen. Der Grund kann darin gesucht werden, daß Translokationen akkumulieren, während dizentrische Chromosomen mit der Zeit verloren gehen. Translokationen zeigen eine relativ große Variabilität zwischen Personen: Es wurden welche mit 0 und 5,3 Translokationen pro 1.000 Zellen beobachtet. Zwischen den Geschlechtern wurde keine unterschiedliche Translokationshäufigkeit beobachtet. Auch das Rauchverhalten scheint keinen Einfluß auf die Häufigkeit zu haben. Einen ausgeprägten Einfluß auf die Translokationshäufigkeit hat dagegen das

Personen	Alter (Jahre)	Zellen	Translokationen t	Aberrationen		
				dic	cv	ace
53	21 - 73	136.286	275	22	2	25
Aberrationen pro Zellen			2,02	0,16	0,01	0,18

Tabelle S-1

Häufigkeit struktureller Chromosomenaberrationen in peripheren Lymphozyten gesunder Kontrollpersonen. Die Chromosomen 2, 4 und 8, sowie die Zentromere waren mittels FISH-Technik markiert.

Alter	Zellen	Translokationen t	t/1000 Zellen
20 - 39	47.352	58	1,22
> 40	88.934	217	2,44

Tabelle S-2

Häufigkeit von Translokationen in verschiedenen Altersgruppen.

Alter. Personen, die älter als 40 Jahre sind, zeigen eine signifikant höhere Translokationshäufigkeit als jüngere Personen (**Tabelle S-2**).

Die im Vergleich zu dizentrischen Chromosomen höhere mittlere Translokationshäufigkeit und die größere Variabilität zwischen Personen hat natürlich Einfluß auf die untere Nachweisgrenze einer Strahlenexposition. Während die untere Nachweisgrenze mit dizentrischen Chromosomen bei 0,1 Gy liegt, dürfte sie für Translokationen bei 0,4 bis 0,5 Gy liegen.

Wirkung kleiner Dosen auf die Chromosomen in peripheren Lymphozyten nach In-vivo-Exposition

S. Pressl, R. Veit, B. Bauer, A. Kronska,
G. Stephan

Die Wirkung kleiner Dosen auf Chromosomen in peripheren Lymphozyten wurde nach In-vivo-Bestrahlung an 11 Herzkatheter-Patienten mittels Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) untersucht. Die

abgeschätzte Blutdosis ist auf jeden Fall bei allen Patienten <100 mGy und liegt über die 11 Patienten gemittelt zwischen 60 und 70 mGy. Für die Chromosomenuntersuchung wurde unmittelbar vor der Katheterlegung und 24 Stunden nach der Untersuchung Blut entnommen. Wie **Tabelle S-3** zeigt, liegt die mittlere Häufigkeit der Translokationen vor dem Katheter im Bereich normaler Kontrollpersonen. Die Häufigkeit dizentrischer Chromosomen ist, wie von FISH-Kontrollen bekannt, niedriger. Nach der Strahlenexposition ist die Häufigkeit sowohl der Translokationen als auch die der dizentrischen Chromosomen nahezu um den gleichen Faktor angestiegen. Für die Translokationen konnte eine signifikante Zunahme berechnet werden, da eine sehr große Zellzahl analysiert wurde und die Translokationen relativ häufig auftraten. Die signifikante Zunahme konnte aber nur deshalb ermittelt werden, weil von den Patienten Kontrollwerte erhoben wurden. Hätten diese nicht vorgelegen und hätte die Translokationshäufigkeit nach dem Katheter mit normalen Kontrollen verglichen werden müssen, wäre kein Unterschied festgestellt worden, also die Strahlenexposition nicht zu erkennen gewesen. Eine andere wichtige Beobachtung ist, daß durch die Strahlenexposition

zu den vor der Untersuchung vorhandenen Translokationen zusätzlich 49 direkt festgestellt werden konnten, während nur 8 zusätzliche dizentrische Chromosomen induziert wurden, d. h. nach der Strahlenexposition wurden 6mal mehr Translokationen beobachtet als dizentrische Chromosomen, obwohl ein theoretisches Verhältnis von 1:1 zu erwarten wäre. Die Bedeutung dieser Beobachtung liegt darin, daß einerseits Translokationen mehr als theoretisch erwartet induziert wurden, und daß sie andererseits im Gegensatz zu dizentrischen Chromosomen Zellteilungen passieren können und somit ein potentielles karzinogenes Risiko darstellen.

Chromosomenuntersuchungen bei ehemaligen Beschäftigten der Wismut AG

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

Bei ehemaligen Bergarbeitern der Wismut AG werden in Zusammenarbeit mit der gewerblichen Berufsgenossenschaft (HVBG) Chromosomenuntersuchungen in peripheren Lymphozyten durchgeführt. Es werden Bergarbeiter untersucht, die sich in ihrer Expositionshöhe zwischen 0 und >1000 Working Level Months (WLM) – unterscheiden. 1 WLM entspricht nach ICRP 65 5 mSv effektive Dosis oder 40 mSv Lungendosis. Die Ergebnisse der Chromosomenanalyse werden mit den von den einzelnen Bergarbeitern vorliegenden physikalischen und medizinischen Daten zusammengeführt und analysiert. Durch Kodierung der Blutproben ist gewährleistet, daß während der Chromosomenanalyse die Expositionsdaten nicht bekannt sind. Die konventionelle Chromosomenanalyse nach Fluoreszenz plus Giemsa-Färbung ist abgeschlossen. Von 32 Bergarbeitern wurden 32.399 Zellen ausgewertet. Die mittlere Häufigkeit dizentrischer Chromosomen von $2,3 \pm 0,3$ pro 1.000 Zellen liegt rund um den Faktor 2 höher als der Kontrollwert. Andere strukturelle Veränderungen wie Deletionen, zentrische Ringe, Chromatidbrüche und Chromatidaustausche unterscheiden sich

Patienten	Blutprobe	Zellen	Translokationen t	t/1000 Zellen	dizentrische Aberrationen dic	dic/1000
11	vor	28 517	41	1.44	3	0.11
	nach	32 040	90	2.81	11	0.34

Tabelle S-3

Untersuchungen an Herzkatheter-Patienten

Berechnete Blutdosis: < 0,1 Gy, markierte Chromosomen 2, 4, 8

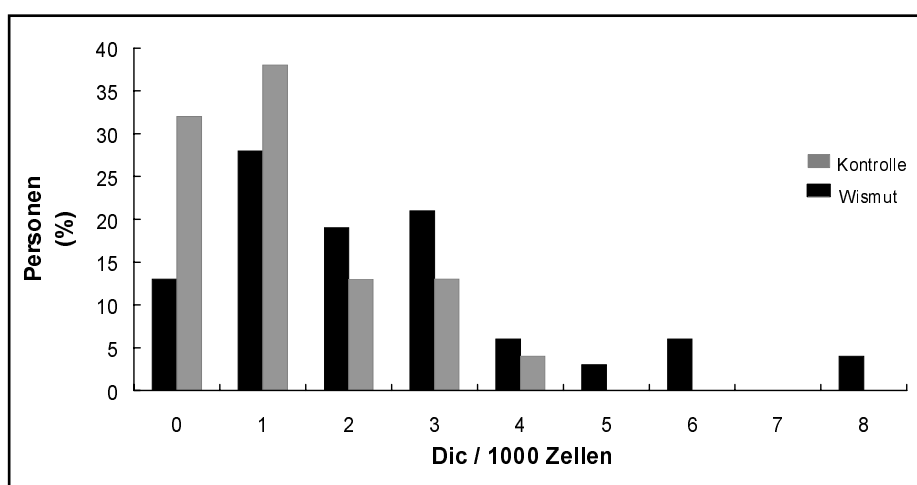


Abbildung S-1

Personen mit gleicher Häufigkeit dizentrischer Chromosomen (dic) in Kontrollpersonen (53) und in Wismut-Arbeitern (32)

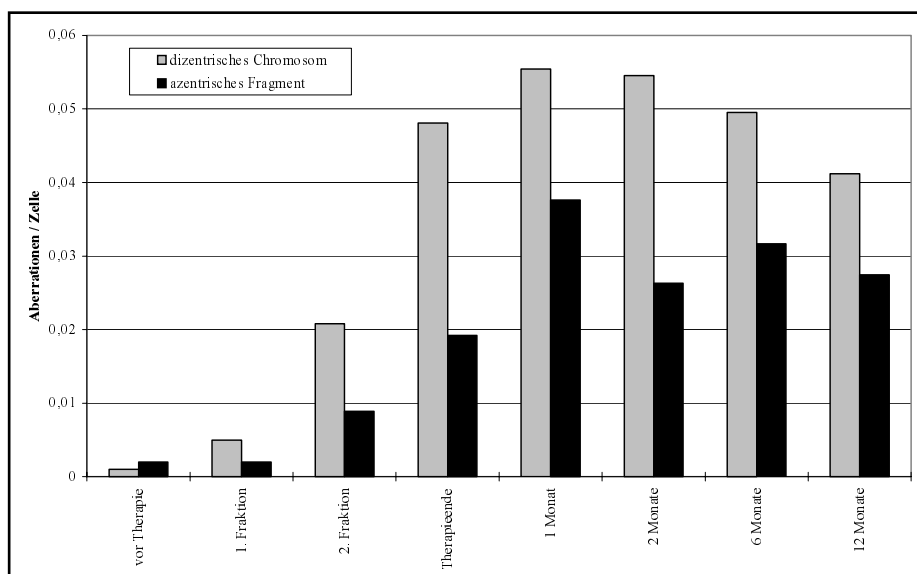


Abbildung S-2

Häufigkeit dizentrischer Chromosomen und azentrischer Fragmente bei einer Patientin mit Mammakarzinom während und nach Therapie

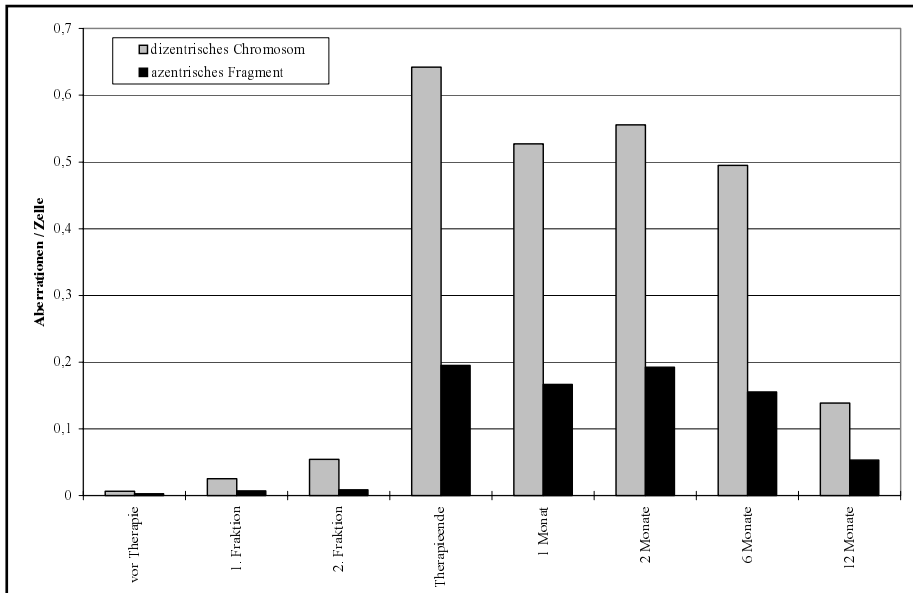


Abbildung S-3

Häufigkeit dicentrischer Chromosomen und acentrischer Fragmente bei einem Patienten mit Bronchialkarzinom während und nach Therapie

nach etwa 50 Jahren nachweisbar ist. Bei verschiedenen Personen variiert die Zahl der dicentrischen Chromosomen pro 1.000 Zellen zwischen 0 und 8. Ob dies einen dosisbezogenen Effekt darstellt, kann erst nach der Dekodierung festgestellt werden, wenn andere die Häufigkeit von Chromosomenaberrationen beeinflussende Faktoren bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden können.

Bisher wurde bei 26 Personen die Translokationshäufigkeit mittels FISH bestimmt. Auf der Basis von 64.000 Zellen ergibt sich eine mittlere Häufigkeit (F_p) von 6,2 Translokationen pro 1.000 Zellen. Der Wert liegt etwa 3 mal höher als der der spontanen Häufigkeit. Ob die unterschiedliche Häufigkeit von Translokationen zwischen den Bergarbeitern (2,2–11,8 Translokationen pro 1.000 Zellen) dosisbedingt ist, wird sich nach der Dekodierung erweisen.

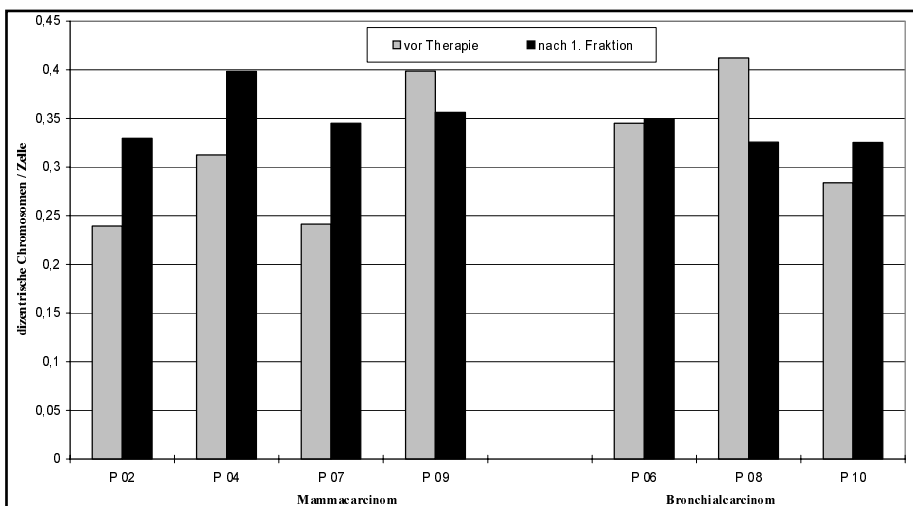


Abbildung S-4

Häufigkeit dicentrischer Chromosomen bei Patienten mit Mamma- bzw. Bronchialkarzinom nach in vitro Bestrahlung von Blutproben vor Therapiebeginn und nach der 1. Fraktion mit 2 Gy

Genotypische Marker für präklinische und nichtinvasive Diagnose von Krebsrisiko und Strahlenempfindlichkeit

H. Romm, U. Schrader-Reichhardt, M. Reisinger, S. Wenzel, D. Westpfahl, G. Stephan

In einer gemeinsamen Studie zwischen dem BfS und dem Klinikum Großhadern ist es beabsichtigt, bei zwei Gruppen von Strahlentherapiepatienten mit der gleichen Grunderkrankung Untersuchungen zur Häufigkeit von strukturellen Chromosomenaberrationen, von Apoptosen und Nukleosomen in den peripheren Lymphozyten des Blutes bzw. des Serums durchzuführen. Die Ergebnisse der ermittelten Parameter sollen anschließend mit den klinischen Befunden zusammengeführt und verglichen werden. 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. Eine detaillierte Darstellung der Inhalte des Projektes wurde bereits im Jahresbericht 1997 gegeben.

in ihrer mittleren Häufigkeit nicht von der Kontrolle. Eine statistische Analyse der Ergebnisse ist noch nicht erfolgt, weil die Präparate erst nach Abschluß der Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung-Analyse (FISH) dekodiert werden. **Abbildung S-1** zeigt die Häufigkeit der Personen mit 0, 1, 2 usw. dicentrischen Chromosomen pro 1.000 Zellen und bei den Wismut-Arbei-

tern in unserer Kontrolle. Es ist klar zu erkennen, daß es bei den Wismut-Arbeitern weniger Personen mit keinem oder einem dicentrischen Chromosom pro 1.000 Zellen im Vergleich zur Kontrolle gibt. Dafür treten aber mehr Personen mit mehreren dicentrischen Chromosomen auf. Aus dieser Verschiebung ist deutlich eine Exposition zu erkennen, die auch

Bisher konnten 4 Patientinnen mit Mammarkarzinom und 3 Patienten mit Bronchialkarzinom zur Teilnahme gewonnen und ein Jahr begleitet werden. Die Auswertung der erhaltenen Proben ist noch nicht abgeschlossen. In **Abbildung S-2** und **Abbildung S-3** werden beispielhaft der Anstieg und die Abnahme an dizentrischen Chromosomen und azentrischen Fragmenten während und nach der Therapie für je einen Patienten mit Mammacarcinom und Bronchialcarcinom gezeigt. Da sich das Bestrahlungsfeld in seiner Größe bei den beiden Patientengruppen wesentlich unterscheidet, wirkt sich dies bei der Induktion und der Persistenz der zu beobachtenden Aberrationen aus.

Die vor Beginn der Therapie und nach der ersten Fraktion genommen Blutproben wurden zusätzlich in vitro mit 2 Gy bestrahlt, um mögliche Unterschiede in der individuellen Strahlenempfindlichkeit besser aufdecken zu können. In **Abbildung S-4** sind die beobachteten Häufigkeiten an dizentrischen Chromosomen dargestellt. Es wurden jeweils 250 Zellen mit der Fluoreszenz plus Giemsa Technik ausgewertet. Die bisher erzielten Ergebnisse könnten daraufhin deuten, daß die zu beobachtenden Aberrationshäufigkeiten nach in vitro Bestrahlung im Rahmen der individuellen Varianz liegen und nicht wesentlich von der Grunderkrankung beeinflußt werden.

Einfluß des Tumorsuppressorgens p53 auf die mitotische Aktivität des CDK1/Cyclin B-Komplexes und deren Reduktion nach Bestrahlung

J. Hain, E. Reich, K. Hetzl, T. Jung

Das Tumorsuppressorgen p53 ist auch bekannt als 'Guardian of the genome' (Wächter des Genoms). Seine zentrale Funktion ist es, das Genom vor Schäden durch endogene und exogene Einflüsse, unter anderem ionisierende und UV-Strahlung zu schützen. Werden vom p53 Tumorsuppressorgen DNA-Schäden erkannt, kommt es zur Aktivierung von drei Hauptwegen der intrazellulären Abwehr. Der Zellzyklus wird aktiv am G₁/S-Phase

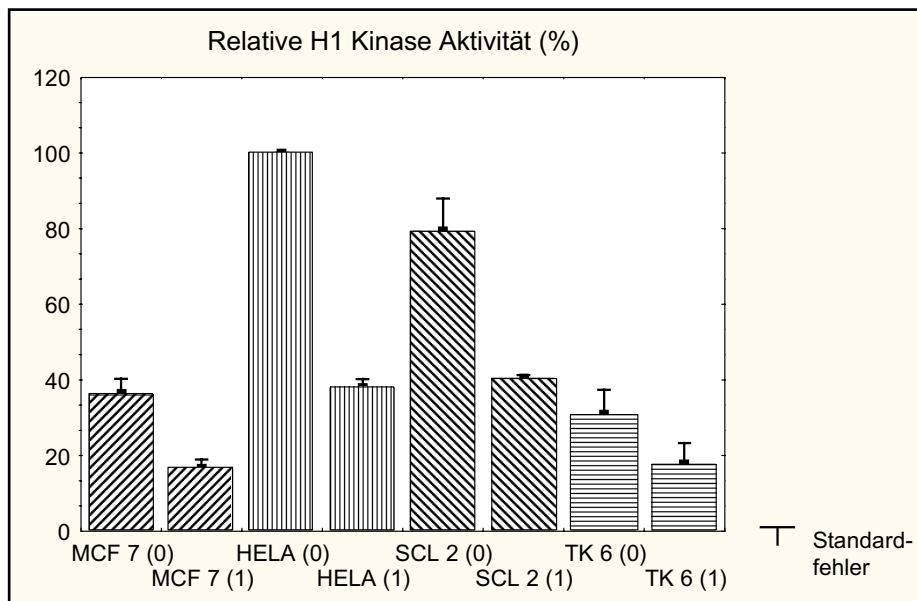


Abbildung S-5

Immunoblot der Zelllinien MCF7, HeLa, SCL2 und TK6 mit Anti-CDK1 Antikörper. Die jeweils untere Bande entspricht dem dephosphorylierten, aktiven CDK1, die obere Bande dem phosphorylierten, inaktiven CDK1 (0 = unbestrahlte, 1 = bestrahlte Zellen).

Kontrollpunkt angehalten, DNA-Reparaturprozesse werden gefördert und bei irreparabler Schädigung kommt es zur Einleitung der Apoptose (gesteuerter Zelltod). Somit kann in der Regel sichergestellt werden, daß nur ein intaktes zelluläres Genom von einer Mutterzelle an ihre Tochterzellen weitergegeben werden kann. Fehlt Zellen ein funktionierendes p53 Tumorsuppressorgen, so zeigen sie keinen G₁-Block nach Bestrahlung, sind vermehrt strahlenempfindlich und werden genetisch instabil. In mehr als 50 % der soliden malignen Tumore beim Menschen ist das p53 Tumorsuppressorgen verändert.

Neben dem Zellzyklus-Kontrollpunkt am G₁/S-Phase Übergang besitzen Zellen einen weiteren Kontrollpunkt am Ende der G₂-Phase unmittelbar vor Einleitung der Mitose. Ziel unserer Untersuchung war es, den Einfluss des p53 Tumorsuppressorgens auf diesen zweiten Kontrollpunkt zu analysieren. Der Enzymkomplex, der den Übergang von der G₂-Phase des Zellzyklus in die Mitose steuert, besteht aus der Cyclin abhängigen Proteinkinase 1 (CDK1) und dem Cyclin B. Eine Aktivierung dieses Enzymkomplexes führt zur Einleitung der Mitose. Liegen Strahlen-

schäden vor, so wird die Aktivierung verhindert und es kommt zum sog. G₂-Arrest im Zellzyklus, der ebenso wie der G₁-Arrest dazu dient, Zeit für eine notwendige Reparatur der DNA zu gewinnen. Für unsere Untersuchungen wurden vier menschliche Zelllinien unterschiedlicher Organherkunft gewählt. Zwei der Zelllinien (Mammarkarzinom: MCF-7, Lymphoblastoide Zelle: TK6) besitzen ein intaktes p53 Tumorsuppressorgen, zwei ein defektes p53 (Plattenepithelzellkarzinom: SCL2, Zervixkarzinom: HeLa). Vor der Bestrahlung wurden die Zelllinien synchronisiert, so daß die Bestrahlung in der S-Phase, d. h. nach dem G₁/S- Kontrollpunkt erfolgen konnte. Nach der Bestrahlung wurden die Zellen mit Nocodazol, einem Spindelgift, behandelt, das zum Zellarrest in der Mitose führt.

Die Zellen wurden durch eine Bestrahlung während der S-Phase in der G₂-Phase des Zellzyklus arretiert und der Übergang in die Mitose wurde somit verhindert. Unbestrahlte Kontrollen befanden sich zum gleichen Zeitpunkt bereits in der Mitose. Die Aktivität des CDK1/Cyclin B-Komplexes wurde auf zwei Arten untersucht. In einem Immunoblot, bei dem die CDK1-Komponente mit

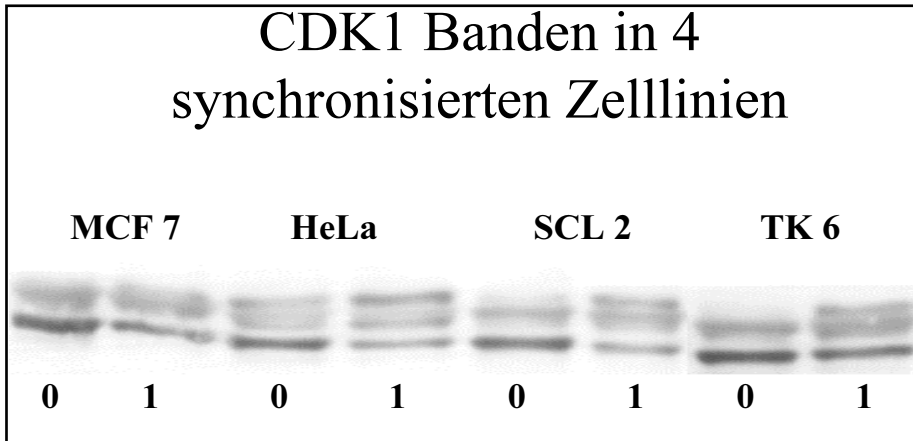


Abbildung S-6

Relative H1 Kinase Aktivität der Zelllinien MCF7, HeLa, SCL2 und TK6. Die mitotische H1 Kinase Aktivität der HeLa Zellen wurde gleich 100 % gesetzt. (0 = unbestrahlte, 1 = bestrahlte Zellen; die Versuche wurden jeweils 4 mal wiederholt).

Hilfe spezifischer Antikörper nachgewiesen wurde, konnte nach Bestrahlung eine Bandenverschiebung beobachtet werden (**Abbildung S-6**, die obere Bande war nach Bestrahlung verstärkt, die untere abgeschwächt). Die Bandenverschiebung erklärt sich durch eine strahleninduzierte inhibierende Phosphorylierung von CDK1 an den Aminosäuren Threonin 14 und Tyrosin 15 in der ATP-Bindungsstelle des Enzyms. Die Aktivität des CDK1/Cyclin B-Komplexes in unbestrahlten und bestrahlten Zellen wurde in einem Kinasierungsassay bestimmt, bei dem das Histon H1 als Substrat eingesetzt wurde (Histon H1 Kinase Assay) (**Abbildung S-5**).

Die mitotische Enzymaktivität des CDK1/Cyclin B-Komplexes war in den Zellen mit intaktem p53 signifikant erhöht gegenüber der in den Zellen mit defektem p53. Nach Bestrahlung war die Aktivität des Enzymkomplexes in allen Zelllinien unabhängig von p53-Status um etwa den Faktor 2 vermindert. Die Aktivität in **bestrahlten** Zellen mit defektem p53 war aber gleich oder höher als die Aktivität in **unbestrahlten** Zellen mit intaktem p53 (**Abbildung S-5**).

Die vorgestellten Untersuchungen zeigen, daß Zellen unabhängig vom Status des Tumorsuppressorgens p53 in der Lage sind, nach einer Bestrahlung den G₂/M-Kontrollpunkt zu aktivieren und ihren Zellzyklus in der G₂-Phase anzuhalten. Die

p53 defizienten Zellen sind jedoch genetisch instabiler. Dies kann zum einen durch den fehlenden G₁/S-Kontrollpunkt erklärt werden. Zum anderen haben wir deutliche Hinweise darauf, daß die signifikant erhöhten Aktivitätswerte des CDK1/Cyclin B-Komplexes in diesen p53-defizienten Zellen ebenfalls zur genetischen Instabilität beiträgt. Dies wird vermutlich durch die beschleunigt ablaufende Kondensation der Chromosomen in der Mitose verursacht, für die der CDK1/Cyclin B-Komplex ebenfalls das Schlüsselenzym ist. Um diese Hypothese weiter zu verifizieren, sind eingehende zellbiologische und zytogenetische Analysen notwendig.

Aufbau und Etablierung eines Comet-Assays zur Bestimmung genetischer Komponenten der Strahlenempfindlichkeit

C. Schindewolf, M. Gomolka, G. Lüke, T. Jung

Genetische Grundlagen der Strahlensensitivität

Das Risiko an einer bösartigen Tumorerkrankung nach einer Strahlenexposition zu erkranken wird maßgeblich durch die

individuelle genetische Prädisposition bestimmt. Zum Beispiel ist das Auftreten von strahleninduzierten Tumoren in Individuen signifikant höher, die bestimmte mutierte Allele für BRCA oder RB Gene tragen. Diesen und anderen Krankheiten liegt oft eine Dysfunktion des DNA-Reparatursystems zugrunde. Es muß angenommen werden, daß Strahlenempfindlichkeit nicht nur von einem einzelnen Gen kodiert wird, sondern vielmehr, daß mehrere unterschiedliche Gene mehr oder weniger mit einem universellen Phänotyp für Radiosensitivität assoziiert sind. Die individuellen zellulären Funktionen, die für einen bestimmten Phänotyp verantwortlich sind, zeigen Unterschiede in der Regulation des Zellzyklus, in der DNA-Reparatur, in der DNA-Rekombination und im DNA-Replikationsprozeß.

Durch klassische humangenetische Studien können nur in Ausnahmesituationen die Gene eines Individuums identifiziert werden, die mit der Prädisposition zur Strahlenempfindlichkeit gekoppelt sind, da höhere Strahlenexposition nur durch Unfälle oder während einer Strahlentherapie verursacht werden. Deshalb müssen Tiermodelle ausgewählt werden, mit denen ein heterogener Phänotyp wie Strahlensensitivität detektiert werden kann. In Zusammenarbeit mit der GSF führt das Fachgebiet 'Nuklearbiologie/Strahlenbiochemie' des Instituts für Strahlenhygiene eine Studie zur Strahlenempfindlichkeit bei der Maus durch. Diese Studie ist eine Begleitstudie zum ENU-Maus-Mutagenese-Screen, der im Rahmen des Deutschen Humanen Genom Projektes gefördert wird. Mit Hilfe des chemischen Mutagens ENU (Ethylnitroso-Urea) werden Punktmutationen im Genom der Mäuse erzeugt [1, 3, 5, 6, 8–12]. Ziel des Screens ist, die Mutationsrate in den Tieren zu erhöhen, um so eine große Zahl neuer Mutanten zu erzeugen, die in der Pathogenese von menschlichen Erkrankungen eine wichtige Rolle spielen. Im Rahmen unserer Arbeit werden die Tiere auf Strahlenempfindlichkeit mit Hilfe des Comet-Assays untersucht. Von auffälligen Mausmutanten werden Nachkommen erzeugt und diese wieder dem Strahlenempfindlichkeitstest unterzogen. Über den Aufbau von Mäusestammbäumen, in denen die Vererbung von Strahlenemp-

findlichkeit untersucht wird, können die verursachenden Gene detektiert und beschrieben werden.

Comet-Assay

Zur Untersuchung der Strahlenempfindlichkeit einzelner Mäuse wird diesen 20 µl Vollblut entnommen und periphere Lymphozyten mittels Schnellaufreinigung über eine Percoll-Dichtegradientenzentrifugation isoliert. Die Lymphozyten werden in vitro mit Gammastrahlung aus einer Cäsiumquelle bestrahlt. Die Dosis wird so gewählt, daß die Mäuselymphozyten noch zur Reparatur der Schäden in der Lage sind.

Um ein Untersuchungsprogramm im Rahmen eines genetischen Screens durchführen zu können, ist es notwendig, ein einfaches, schnelles und zum Teil automatisierbares Testsystem aufzubauen, welches die benötigten großen Probenzahlen analysieren kann. Diese Möglichkeit bietet der „Comet-Assay“ bzw. die Einzelzellgelelektrophorese [7, 13]. Hierzu werden kernhaltige Zellen in Agarose eingebettet, lysiert und anschließend einem elektrischen Feld ausgesetzt. Wird die DNA mit bestimmten Chromatophoren wie Ethidiumbromid oder YoYo gefärbt, so zeigen Zellen, die durch Strahlung geschädigt wurden, und diesen Schaden nicht mehr reparieren können, eine charakteristische Struktur im mikroskopischen Bild. Diese Struktur ähnelt einem Kometen. Der Grad der Schädigung korreliert mit dem Ausmaß des Kometenschweifes.

Ergebnisse

Nach einer Bestrahlung mit 2 Gy und einer anschließenden einstündigen Inkubationszeit bei 37°C, bei der DNA-Reparatur möglich ist, findet eine beinahe 100 % Reparatur statt [Abbildung S-7]. Schon nach 15 Minuten sind statistisch signifikant weniger Kometen zu detektieren als nach einer Bestrahlung mit 2 Gy ohne Inkubationszeit. Mit Hilfe des Comet-Assays ist es möglich, Aussagen zur Kinetik der DNA-Reparatur zu machen und den nicht reparierbaren Residualschaden zu quantifizieren. Aussagen zur Fehlerrate der Reparatur sind nicht möglich.

- [1] Bode, V. C. J. D.; McDonald, J. ; Guenet, L.; Simon, D. *hph-1*: A mouse mutant with hereditary hyperphenylalaninemia induced by ethylnitrosourea mutagenesis. *genetics* 118: 299–305 (1988).
- [2] Chakraborty, R.; Sankaranarayanan, K.: Cancer predisposition, radiosensitivity and the risk of radiation-induced cancers. II. A mendelian single-locus model of cancer predisposition and radiosensitivity for predicting cancer risk in populations. *Radiat. Res.* 143: 293–301 (1995).
- [3] Dove, W. F.: Molecular genetics of *Mus musculus*: point mutagenesis and millimorgans. *Genetics* 116:5–8 (1987).
- [4] Fairbairn, D.; Olive, P.; O'Neill, K.: The comet assay: a comprehensive review. *Mut. Res.* 339, 37–59 (1995).
- [5] Favor J.; Neuhäuser-Klaus, A.; Ehling, U. H.: The frequency of dominant cataract and recessive specific-locus mutations in treated spermatogonia of the mouse. *Mut. Res.* 229: 105–114 (1990a).
- [6] Favor J.; Sund, M.; Neuhäuser-Klaus, A.; Ehling, U. H.: A dose-response analysis of ethylnitrosourea-induced recessive specific-locus mutations in treated spermatogonia of the mouse. *Mut. Res.* 231:47–54 (1990b).
- [7] Östling, O.; Johanson, K. L.: Microelectrophoretic study of radiation-induced DNA damage in individual mammalian cells. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 123: 291–298 (1984).
- [8] Peters, J.: Ethylnitrosourea as a mouse mutagen. *Trends in Genetics.* 1: 5–6 (1985).
- [9] Rinchik, E. M.: Chemical mutagenesis and fine-structure functional analysis of the mouse genome. *Trends Genet.* 7: 15–21 (1991).
- [10] Russell, W. L.; Kelly, P. R.; Hunsicker, P. R.; Bangham, J. W.; Maddux, S. C.; Phipps, E. L.: Specific-locus test shows ethylnitrosourea to be the most potent muta-

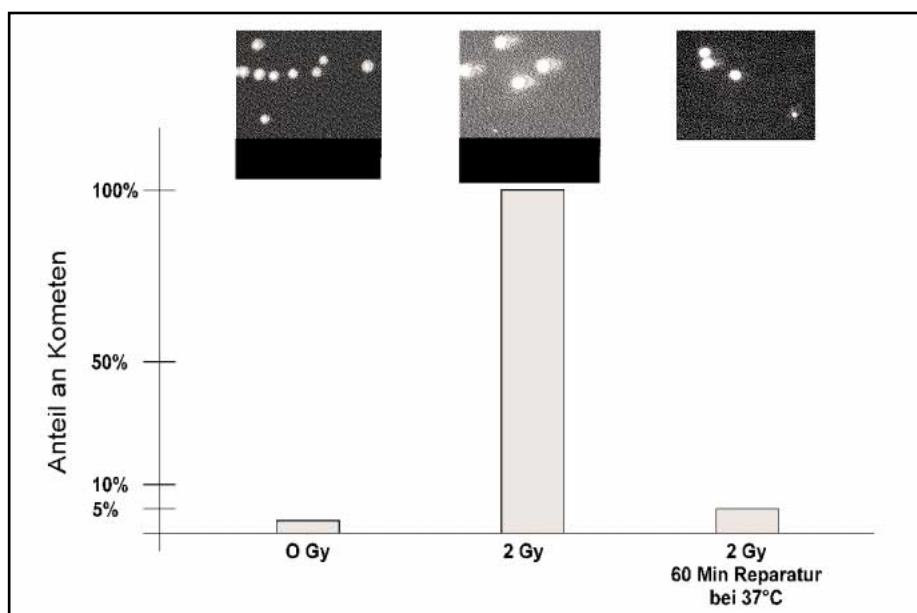


Abbildung S-7

Prozentuale Kometenanzahl in Abhängigkeit von der Strahlendosis.

0 Gy: Bei einer Dosis von 0 Gy treten unter 5 % Kometen bei den Mauslymphozyten auf.
2 Gy: Bei dieser Bestrahlungsdosis zeigen beinahe 100 % der Zellen einen Kometen.
2 Gy Bestrahlung und 60 min. Reparaturzeit: Deutlich Abnahme der prozentualen Kometenanzahl.

- gen in mouse spermatogonia. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 76:5918–5933. (1979).
- [11] Russell, W. L.; Hunsicker, P. R.; Raymer, G. D.; Steele, M. H.; Stelzner, K. F.; Thompson, H. M.: Dose response curve for ethylnitrosourea specific-locus mutations in mouse spermatogonia. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 79: 3589–3591. (1982).
- [12] Russell, L. B.; Russell, W. L.; Rinchik, E. M.; Hunsicker, P. R.: Factors affecting the nature of induced mutations. Banbury Rep. 34: 271–289 (1990).
- [13] Singh, N. P.; Schindewolf, C.; Jung, T.: Workshop for Introduction to the Comet Assay, Bundesamt für Strahlenschutz, Institut für Strahlenhygiene, Neuherberg, 9–19 December 1997.

Analyse genetischer Unterschiede in DNA Reparaturgenen zwischen zwei Schweinelinien

M. Gomolka, G. Lüke, C. Schindewolf, T. Jung

Einleitung

Eine schnelle und zuverlässige DNA-Reparatur ist notwendig, um DNA-Schäden, die durch Strahlenexposition entstanden sind, zu erkennen und zu beheben, damit Erkrankungen wie Krebs nicht entstehen können. Die Funktion und Effektivität von Proteinen, die in die DNA-Reparatur eingreifen, kann durch Mutationen in den entsprechenden Genen variieren. Nonsense Mutationen haben in der Regel den kompletten Ausfall eines Proteins zur Folge. Dies führt zu Erkrankungen wie z. B. das Nijmegen Breakage Syndrome oder Ataxia teleangiectasia. Mutationen die zum Austausch von Aminosäuren in funktionellen Domänen von Proteinen führen, resultieren nicht immer in einem vollständigen Funktionsverlust dieses

Proteins, verändern aber unter Umständen die Effektivität des DNA-Reparaturmechanismus [1].

Um DNA-Reparaturgene zu identifizieren und zu isolieren, sollte in einem Vorversuch gezeigt werden, ob sich Nachkommen (F2-Generation) zweier genetisch sehr unterschiedlicher Schweinelinien (Mangalitza und Piétrain) in der Reparatur-Effizienz von DNA-Schäden unterscheiden. Als mütterliche Schweinelinie wurde eine stressempfindliche Fleischrasse (Piétrain) ausgewählt und mit einem Eber aus einer stressresistenten Schweinerasse (Mangalica) angepaart (siehe <http://www.edv.agrar.tu-muenchen.de/tz/forsch.html>). Beruht die Segregation des Merkmals „DNA-Reparaturfähigkeit“ auf genetischen Unterschieden zwischen den Nachkommen, so kann eine Feinkartierung der Gene in Zusammenarbeit mit dem Institut für Tierzüchtung in Weihenstephan durchgeführt werden, da dort bereits weitere physiologische Daten (immunologische, Fleischbeschaffenheit, usw.) und die Typisierungsdaten für Mikrosatelliten Marker (genetische Marker) für die F2-Generation vorliegen.

Material und Methoden

In zwei unabhängigen Versuchen wurden von 10 Schweinen der F2 Generation Blutproben (EDTA-Blut) entnommen und die Lymphozyten isoliert. Die Lymphozyten wurden je Schwein auf 3 Aliquots verteilt. Zwei Zellaliquots wurden mit 2 Gy bestrahlt, wobei ein Ansatz eine Stunde bei 37°C inkubiert wurde, um die Reparaturzeit für DNA-Schäden zu verlängern. Das dritte Aliquot diente zur Kontrolle. Der DNA-Schaden wurde anschließend mittels des Comet-Assays untersucht.

Ergebnisse

In einem ersten Versuch konnte gezeigt werden, daß sich im mikroskopischen Bild Unterschiede in der Anzahl der zur Reparatur fähigen Zellen zwischen den F2-Nachkommen der Schweinerassen zeigt. Diese Ergebnisse werden zur Zeit mit Hilfe von Bildanalyseverfahren überprüft.

- [1] Shen, M. R.; Jones, I. M.; Mohrenweiser, H.: Nonconservative Amino Acid Substitution Variants Exist at Polymorphic Frequency in DNA Repair Genes in Healthy Humans. Cancer Research 58, 604–608 (1998)

Die deutsche Uranbergarbeiterstudie

M. Kreuzer, B. Grosche, A. Brachner, K. Martignoni, H.-J. Schopka, W. Burkart

Ausgangssituation und Zielsetzung

Im Jahr 1991 wurde dem Hauptverband der Gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) die Verantwortung für die Betreuung der ehemaligen Beschäftigten der SDAG Wismut übertragen. Von mehr als 300.000 Wismut-Beschäftigten waren Lohn- und Gehaltsunterlagen sowie Gesundheitsdaten vorhanden, die in EDV-lesbarer Form gebracht werden mußten. Weiterhin wurde 1991 das gesamte pathologische Material des Gesundheitswesens Wismut in Stollberg gesichert und im Rahmen eines vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) geförderten Forschungsvorhabens in das Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg überführt. Von ca. 120.000 Beschäftigten waren vollständige Arbeitsanamnesen vorhanden, die eine weltweit einmalige Datenbasis zur Durchführung epidemiologischer Studien darstellen. Das BMU stellte deshalb ab 1993 Mittel zur Aufbereitung der Datensätze von 60.000 Bergarbeitern zur Verfügung, um auf dieser Datengrundlage eine Kohortenstudie durchzuführen. Die Federführung für diese Studie hat das Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) übernommen.

In der Kohorte von 60.000 ehemaligen Bergarbeitern der SAG/SDAG Wismut soll das Todesfallgeschehen in den nächsten Jahren und Jahrzehnten beobachtet werden, um Erkenntnisse zur krebsauslösenden Wirkung von Radon und seinen Folgeprodukten zu gewinnen. Neben der

Quantifizierung des Risikos einer Lungenkrebserkrankung durch Radonfolgeprodukte wird mit dieser weltweit größten und relativ homogenen Kohorte auch versucht, das Risiko für nichtpulmonäre Tumorerkrankungen wie z. B. Leukämien oder Krebs im Nasen/Rachenbereich zu ermitteln. Von besonderem Interesse wird die Schätzung des Risikoeffizienten für Lungenkrebs durch Radon und seine Folgeprodukte im Bereich niedriger Dosen sein, da diese Kenntnisse als Grundlage für Stahlschutzmaßnahmen für die Bevölkerung wichtig sind. Eine weitere Zielsetzung der Studie ist die quantitative Untersuchung der Wechselwirkung von Radon mit anderen Risikofaktoren wie z. B. Aktivrauchen, Stäuben und Arsen.

Bisherige Bergarbeiterstudien zum Strahlenrisiko

Lubin et al. haben 1994 [3] eine Metaanalyse von elf Uranbergarbeiterstudien, die mehr als 60.000 Bergarbeiter und ca. 2.600 Lungenkrebsfälle umfaßte, veröffentlicht. Diese Analyse basiert in erster Linie auf epidemiologischen Untersuchungen bei Uranbergarbeitern in USA, Kanada, Tschechien, Schweden, Frankreich, Australien und China. Hier wurden bereits wichtige Ergebnisse zur Quantifizierung des Lungenkrebsrisikos durch Radon und seine Folgeprodukte in Abhängigkeit der kumulierten Dosis, der Dosisrate, der Zeit seit Exposition, dem Alter bei Exposition und dem Rauchverhalten erzielt. Bei Anpassung eines linearen Modells ergab sich für die gepoolte Kohorte ein zusätzliches relatives Lungenkrebsrisiko (ERR) pro WLM von 0.49 % (95 % Konfidenzintervall 0.1–1.0), das mit der Zeit seit Exposition und dem Alter bei Exposition abnimmt. Anhand des gepoolten Datenmaterials wurden auch für andere Tumorklassifikationen erhöhte Risiken festgestellt [4]. Die ermittelten erhöhten Risiken für Magen- und Leberkrebs sowie für Leukämie weisen jedoch keine Abhängigkeit von der kumulativen Exposition auf, weshalb Zweifel an der Kausalität bestehen.

Mit der deutschen Bergarbeiterstudie wird die Datengrundlage zum Radonrisiko im Bergbau mehr als verdoppelt. Im Unterschied zu den sehr heterogenen Daten

der Lubin-Studie, mit sehr unterschiedlichen Expositionen und Personenzahlen in den einzelnen Studienregionen, ist in der deutschen Bergarbeiterstudie bei gleich großem Studienumfang eine größere Homogenität gegeben und dadurch eine deutlich detailliertere Risikoquantifizierung möglich, wobei der Risikoberechnung im Bereich niedriger Dosen besondere Bedeutung zukommen wird.

Bergbauliche Aktivitäten der SDAG Wismut

In den bergbaulichen Aktivitäten der SDAG Wismut lassen sich drei Zeitperioden unterscheiden (siehe **Tabelle S-4**). Im Zeitraum von 1946 bis 1954, den „wilden“ Jahren, waren aufgrund des Trockenbohrens und der fehlenden Ventilation unter Tage (nur natürliche Bewetterung) die Strahlen- und Staubbelastungen der Bergarbeiter am höchsten. Die SDAG Wismut ging von einer mittleren jährlichen Radonfolgeprodukt-Exposition von 150 WLM für diese Zeitspanne aus. Diese Schätzungen sind mit Unsicherheiten behaftet, da sie auf Extrapolationen von Messungen späterer Jahre unter Berücksichtigung des Einflusses künstlicher Bewetterung beruhen. Die Gesamtzahl der bei der SDAG Wismutbeschäftigten war in diesem Zeitraum am größten (ca. 100.000). Unter diesen Bedingungen sollten auch andere Tumorarten außer Lungenkrebs, wenn sie überhaupt durch Strahlung ausgelöst werden können, feststellbar sein.

Im Zeitraum 1955 bis 1970, der „Übergangszeit“, besserten sich die Arbeitsbedingungen der Bergleute. Das Trockenbohren wurde durch Naßbohren ersetzt. Die Radonkonzentration unter Tage verminderte sich durch verstärkt eingesetzte Ventilationstechnik gegenüber der bisher bestehenden natürlichen Belüftung. Da es in diesem Zeitraum am Anfang noch zu hohen, jedoch später nur zu relativ niedrigen Expositionen kam, erhielten die Bergleute sehr unterschiedliche Strahlendosen (3–150 WLM/a). Diese Spannweite der Dosis sollte eine Bestimmung der Dosis-Effekt-Beziehung erlauben, wie sie sonst in keiner anderen Bergarbeiterstudie möglich ist. Außerdem können in dieser Zeit des Übergangs Wechselwirkungen ver-

Periode	Beschreibung
1946-54	Wilde Jahre • große Zahl an Bergleuten, ca. 100.000 • hohe Exposition (30-300 WLM/a) • kein Strahlen- und Arbeitsschutz (Trockenbohren, keine Radonmessungen, natürliche Bewetterung)
1955-70	Übergangsperiode • 30.000 - 40.000 Bergleute • breites Expositionsspektrum (3-150 WLM/a) • Radonmessungen, Naßbohren
1971-89	Zeit der Konsolidierung • Zahl der Bergleute stabil, ca. 30.000 • individuelle Stahlschutzüberwachung, • niedrige Exposition ca. 2-4 WLM/a • med. Untersuchungen, Messung der Radonzerfallsprodukte

Tabelle S-4

Die drei Zeitperioden der Wismutaktivitäten und ihre Charakteristika

schiedener Risikofaktoren, wie Staub, Arsen etc., mit Radon quantitativ untersucht werden.

Im Zeitraum 1971 bis 1989, der „Zeit der Konsolidierung“, wurden im Uranerzbergbau der SDAG Wismut die Arbeitsbedingungen den international üblichen Arbeits- und Strahlenschutzstandards angepaßt. Es galt der Grenzwert von 4 WLM pro Jahr. Für Bergleute, die in dieser Zeit ihre Arbeit unter Tage aufnahmen, sollte die Strahlenexposition nicht höher sein als bei anderen beruflich strahlenexponierten Personen. Daher lassen die Expositionen aus dieser Zeitperiode Untersuchungen zur Wirkung kleiner Dosen zu, die eventuell auf die Wohnbevölkerung übertragen werden können.

Aufbau der Kohorte

Als Studiendesign wurde eine historische (retrospektive) Kohortenstudie mit Ausgangspunkt 1946 gewählt. Einschlusskriterien waren ein Beschäftigungsbeginn zwischen 1946 und 1989 und eine Beschäftigungsdauer von mindestens 180 Tagen. Eine geschichtete Zufallsauswahl von 60.000 Wismut-Beschäftigten erfolgte auf der Basis einer Personaldatei des Objekts 09, dem späteren Bergbaubetrieb Aue, mit insgesamt 71.494 Beschäftigten und einer Personaldatei sonstiger Grubenobjekte in Thüringen und Sachsen mit 57.375 Beschäftigten. Hierbei wurde nach dem Jahr der ersten Exposition bzw. bei Nichtexponierten dem Jahr der Einstellung (A: 1946–1954, B: 1955–1970,

Kohorte	Insgesamt		Männer		Frauen	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
A (1946-1954)	24.470	38,2	23.135	38,4	1.335	34,9
B (1955-1970)	20.366	31,8	18.679	31,0	1.687	44,0
C (1971-1989)	19.213	30,0	18.405	30,6	808	21,1
Insgesamt	64.049	100,0	60.219	100,0	3.830	100,0

Tabelle S-5

Verteilung auf die Kohorten, stratifiziert nach Expositionsbeginn und Geschlecht

Klassifikation	Insgesamt	%	Männer	%	Frauen	%
Unter Tage	41.495	64,8	41.339	68,6	156	4,1
Unter/über Tage	1.487	2,3	1.466	2,4	21	0,5
Aufbereitung	4.578	7,1	4.334	7,2	244	6,4
Bergmännisch „i“	288	0,5	282	0,5	6	0,2
Kurzzeitig exp.	1.337	2,1	1.294	2,1	43	1,1
Über Tage	14.864	23,2	11.504	19,1	3.360	87,7
insgesamt	64.049	100,0	60.219	100,0	3.830	100,0

Tabelle S-6

Verteilung der Beschäftigungsorte in der Kohorte

C: 1971–1989), nach Geschlecht, Arbeitsplatz (unter Tage, über Tage, Aufbereiter) und Arsenexposition (in Sachsen Arsenbelastung höher als in Thüringen) geschichtet. **Tabelle S-5** zeigt nach Expositionsbeginn und Geschlecht stratifiziert die Aufteilung der Kohorte. Derzeit sind 64.049 Mitglieder in der Kohorte, davon 3.830 Frauen und 60.219 Männer.

Tabelle S-6 zeigt wie sich die Kohorte auf die Arbeitsplätze verteilt. Dabei wurde eine Person dem Beschäftigungsort zugewiesen, für den die höchste Exposition angenommen wird. Bergmännisch „i“ bedeutet, daß die Person strahlenexponiert war, ohne im Bergbau oder in der Aufbereitung tätig gewesen zu sein, etwa als Kipperfahrer beim Erztransport. Entgegen erster Annahmen zeigte sich, daß nur wenige Frauen unter Tage beschäftigt waren.

Follow-up

Ziel der Kohortenstudie ist die Untersuchung des Zusammenhangs von Strahlenexposition und Erkrankung bzw. Todesursache. Dazu wird zum Stichtag

31. Dezember 1998 der Vitalstatus der Kohortenmitglieder erhoben. Dies geschieht über die Einwohnermeldeämter, Standesämter, Gesundheitsämter und andere amtliche Stellen. Ferner werden die vorhandenen Sektionsbefunde (Pathologieprojekt beim DKFZ) für das Follow-up genutzt. Nach einer groben Schätzung muß in der Kohorte der 60.000 Bergleute mit ca. 15.000 spontanen Krebstodesfällen gerechnet werden; darin dürften ca. 3.300 Lungenkrebsfälle bei der Gesamtzahl der Wismutbeschäftigten enthalten sein. Die Zahl der zusätzlichen strahlenbedingten Lungenkrebsfälle läßt sich auf ca. 3.000 bis 10.000 Todesfälle abschätzen, wenn die an einer kleinen Stichprobe festgestellte Altersverteilung und die Risikomodelle von Lubin et al [3] bzw. BEIR IV [5] zugrundegelegt werden [1].

Für den Zeitraum von 1965 bis 1989 ist prinzipiell ein Abgleich mit dem Nationalen Krebsregister der DDR möglich. Dadurch wäre neben einem Mortalitäts-Follow-up für diesen Zeitraum auch ein Inzidenz-Follow-up mit der Zielvariablen 'Neuerkrankung' möglich.

Dosimetrie

Neben der vollständigen Erfassung des Vitalstatus der Kohortenmitglieder ist eine genaue Dosisabschätzung wesentliche Voraussetzung für eine Risikoabschätzung. Die Dosisabschätzung wird auf einer sogenannten 'Job-Exposure-Matrix (JEM)' und auf individuellen Expositionsdaten basieren.

Die Bergbau Berufsgenossenschaft in Gera hat im Auftrag des HVBG für Radon, seine Folgeprodukte, die Gammastrahlung des Urans und die langlebigen Alphastrahler eine JEM erstellt, mit der in Abhängigkeit von der Tätigkeit und vom Bergbauobjekt für den Zeitraum 1946 bis 1989 Jahresdosiswerte zur Verfügung stehen. Hierzu wurden für den Zeitraum fehlender Messungen (1946–1955) unter Verwendung bergmännischer Daten wie Gangfläche, Bewetterung, Uranerzförderung und Urangehalt Dosis-Kennziffern erstellt, mit den ab 1955 verfügbaren dosimetrischen Messungen abgeglichen, und daraus Jahresdosiswerte für den Zeitraum 1946 bis 1955 berechnet. Die jährlichen Strahlenexpositionen in WLM der Radonfolgeprodukte wurden auf diese Weise für 44 Lagerstätten, neun Aufbereitungsanlagen, sieben RAS/RAF-Anlagen und sieben Beprobungszechen berechnet. Insgesamt wurden 981 Tätigkeiten in den o. g. Bereichen bewertet.

Der mittels JEM für den Zeitraum 1947 bis 1965 für das Objekt 09, Aue, berechnete zeitliche Verlauf der Jahresdosiswerte ist in **Abbildung S-8** dargestellt und mit einer internen Schätzung der Wismut GmbH verglichen. Während die interne Schätzung von einer sehr hohen und konstanten Jahresdosis in den 'wilden' Jahren ausging, zeigte die JEM, daß sich das Expositions-niveau erst unter der bergmännischen Tätigkeit aufbaute und 1955 ein Maximum erreichte.

Mit Hilfe der JEM wird jedem Wismutbeschäftigten ein individueller Dosiswert pro Jahr und Bergbauobjekt zugeordnet. Da ein Objekt aber aus vielen Schächten, Stollen und Strecken bestand, innerhalb jener die Werte sehr variieren können, ist eine Verfeinerung der JEM geplant.

Ab 1972 wurde von der SDAG WISMUT für jeden Bergmann die individuelle Strahlenexposition ermittelt und registriert. Diese Daten basieren auf Messungen an einer großen Anzahl von Betriebspunkten, die unter Verwendung der geleisteten Schichten (1985–1989) und der ausgeübten Tätigkeit in individuelle Jahresdosiswerte umgerechnet wurden. Für ca. 11.000 der ehemaligen Mitarbeiter aus dem Objekt 09 (Bergbaubetrieb Aue) in Sachsen wurden die Daten dem BfS zugänglich gemacht und ausgewertet. Eine Teilmenge dieser ehemaligen Mitarbeiter sind Probanden der Kohorte. Ähnliche Daten sind für die Region Thüringen verfügbar, die ebenfalls zur Expositionsbestimmung herangezogen werden sollen. Es ist beabsichtigt, die Expositionswerte, die sich aus beiden Quellen (JEM und individuelle Werte) ergeben, miteinander zu vergleichen und zu validieren.

Ausblick

Nach dem jetzigen Zeitplan ist damit zu rechnen, daß das erste Mortalitäts-Follow-up mit Stichtag 31. Dezember 1998 Anfang 2002 abgeschlossen sein wird. Das Todesfallgeschehen wird aufgrund der Altersstruktur vor allem Mitglieder der Kohorte mit Beschäftigungsbeginn zwischen 1946 und 1955 betreffen. Parallel zum Follow-up werden umfangreiche Plausibilitätsprüfungen und Korrekturen der für die Angaben zu Beschäftigungs-orten und -tätigkeiten durchgeführt, sowie eine Validierung und Verfeinerung der JEM-Matrix vorgenommen, um eine möglichst genaue Risikoabschätzung sicherzustellen. Die ersten statistischen Auswertungen dieser für den Strahlenschutz wichtigen Studie werden voraussichtlich im dritten Quartal 2002 vorliegen.

- [1] *Brüske-Hohlfeld, I.; Möhner, M.; Wichmann, H. E.*
Predicted number of lung cancer cases among former uranium miners of the „Wismut“; Health Physics 72: 3–9 (1997)

- [2] *Schopka, H. J.; Brachner, A.; Grosche, B. et al.*
Stand der Vorbereitungen einer Kohortenstudie an 60.000 ehemaligen

	Fälle (verstorben)		Kontrollen (verstorben)		Kontrollen (lebend)	
	N	%	N	%	N	%
Unbereinigtes Brutto	64	100	64	100	64	100
Bergarbeiter:						
erkrankt	-	-	-	-	2	3,1
verstorben	-	-	-	-	7	10,9
unbekannt verzogen	-	-	-	-	2	3,1
Angehörige:						
keine oder unbekannt	15	23,5	10	15,6	-	-
unbekannt verzogen	2	3,1	2	3,1	-	-
verstorben	4	6,3	4	6,3	-	-
Bereinigtes Brutto	43	100	48	100	53	100
Teilnahme	11	25,6	14	29,2	17	32,1
Nichtteilnahme	14	32,6	20	41,7	14	26,4
bisher keine Antwort	18	41,9	14	29,2	22	41,5

Tabelle S-7
Stand der Datenerhebung in der Pilotstudie.

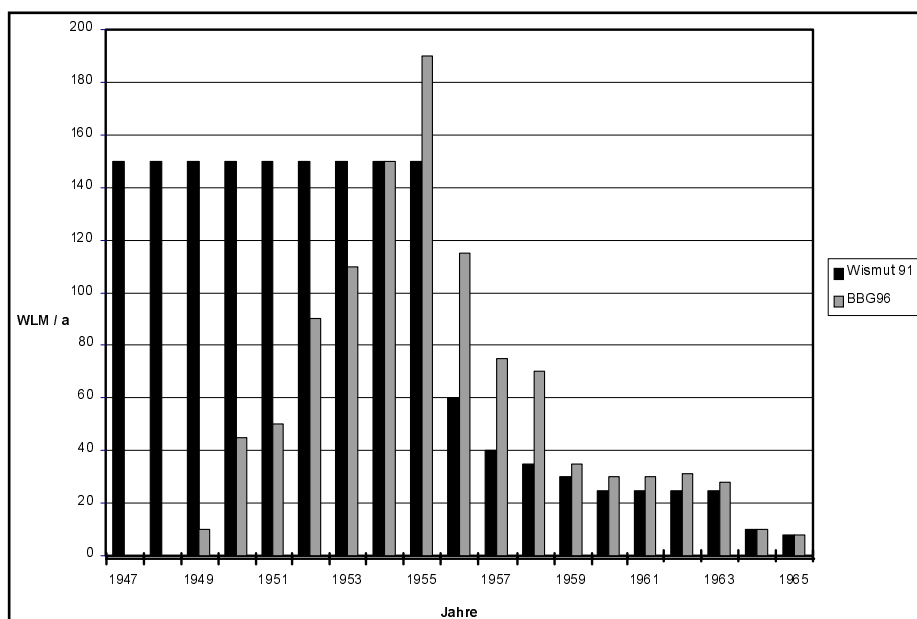


Abbildung S-8
Exposition durch Radonfolgeprodukte (RnFP) in WLM pro Jahr für den Betrieb Aue (Objekt 09) zwischen 1947 und 1965 – Vergleich der von der Bergbauberufsgenossenschaft (BBG) berechneten Exposition mit einer internen Schätzung der Wismut GmbH

Bergarbeitern. Fachkolloquium: Berufsgenossenschaftliche Aktivitäten und Forschungsvorhaben zum Thema Wismut – Erkenntnisstand und Perspektiven, Dresden 09. und 10. Dezember 1996, Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaft (1996)

- [3] Lubin, J. H.; Boice, J. D.; Edling, C. et al.
Radon and Lung Cancer Risk: A joint analysis of 11 underground miners studies. Washington D. C.: U.S. Department of Health and Human Servi-

ces, National Institute of Health (NIH Publ. No. 94-3644) (1994)

- [4] Darby, S. C.; Whitley, E.; Howe, G. R. et al.
Radon and cancers other than lung cancer in underground miners: a collaborative analysis of 11 studies; JNCI 87: 378-384 (1995)

- [5] BEIR IV
Health risks of radon and other internally deposited a-emitters. Washington D. C.: National Academy Press (1988)

Pilotstudie für eine in die Wismut-Kohorte eingebettete Fall-Kontroll-Studie

G. Bolte, J. Preißler, B. Grosche

Hintergrund und Zielsetzung

Das EU-Vorhaben 'European Uranium Miners' sieht u. a. vor, für die drei Uranbergarbeiterkohorten in Frankreich, der Tschechischen Republik und Deutschland ein gemeinsames Studienprotokoll für eine eingebettete Fall-Kontroll-Studie zu entwickeln. Das Ziel dieser Fall-Kontroll-Studie ist es, das Lungenkrebsrisiko durch Radonfolgeprodukte unter Berücksichtigung weiterer Risikofaktoren genauer als bisher zu quantifizieren. Hierzu sollen umfassendere Informationen zur beruflichen wie auch außerberuflichen Belastung mit Kanzerogenen erhoben werden, als in den Unterlagen der Firma Wismut vorliegen.

Derzeit wird am Institut für Strahlenhygiene eine Pilotstudie mit 192 Studienteilnehmern durchgeführt. Sie dient der Erprobung der Erhebungsinstrumente und des Studiendesigns. Insbesondere ist zu klären, ob durch schriftliche Befragung von Angehörigen verstorbener Wismut-Beschäftigter ausreichende Informationen erhalten werden können.

Stand der Arbeiten

Die Stichprobe der Pilotstudie umfaßt 64 an Lungenkrebs verstorbene Wismut-Beschäftigte (Fälle) sowie 64 ebenfalls verstorbene und 64 lebende Bergarbeiter (Kontrollen) und wurde aus der Wismut-Kohorte gezogen. Die Ermittlung der aktuellen Wohnadressen von Angehörigen über Einwohnermeldeämter konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Der Fragebogen, der Fragen zur Berufsanamnese, zu Erkrankungen, zum Rauchverhalten sowie zu soziodemographischen Daten enthält, bereitete den Befragten keine Verständnisschwierigkeiten und wurde meist ausführlich beantwortet.

Der Stand der Befragung ist der **Tabelle S-7** zu entnehmen. Die Antwortrate liegt

Uglovsky R. (>250 mSv)	externe Exposition mSv	interne Exposition mSv	mittlere ED mSv	"offizielle" ED mSv
Topolinski leskh.	1 396	405	1 801	2 790
Topolnoe	1 213	358	1 571	2 430
Belenkoe	937	279	1 216	1 870
Laptev Log	486	148	633	970
Naumovka	931	297	1 228	1 860
Kalininsky sovkh.	929	296	1 226	1 860
Zinkovsky kordon	1 387	402	1 789	2 770

Tabelle S-8

Beispiele für Dosisabschätzungen für den Atombombentests am 29. 08. 1949 (Ortschaften im Uglovsky Rayon mit Dosen > 250 mSv)

Exponierte Bevölkerung aus 53 Ortschaften	39 116	100%
Follow-up	15 745	40%
verstorben	7 869	20%
lebend	7 876	20%
Interne Kontrollgruppe (Immigranten)	≈ 12 000	100%
verstorben	≈ 8 700	(≈73%)
lebend	3 303	(≈27%)
Externe Kontrollgruppe (Kontrollrayons)	6 769	100 %
verstorben	k. A.	k. A.
lebend	1 087	16 %

Tabelle S-9

Follow-up der Kohorten (Stand 12/1998)

derzeit je nach Gruppe bei 26 % bis 32 %. Mit zunehmendem Alter nimmt die Teilnahmebereitschaft der Wismut-Beschäftigten ab und steigt die Zahl der nicht ermittelbaren oder bereits verstorbenen Angehörigen von verstorbenen Bergarbeitern.

Die Befragung wird Anfang 1999 abgeschlossen, die Ergebnisse der Pilotstudie werden Mitte 1999 vorliegen. Nach Abstimmung mit den europäischen Kooperationspartnern kann dann mit der eigentlichen Fall-Kontroll-Studie begonnen werden.

Gesundheitliche Auswirkungen der Atombombentests auf dem Testgebiet Semipalatinsk in der Region Altai, Russische Föderation

S. Bauer, B. Grosche, W. Burkart

Ziel des von der EU geförderten und 1997 begonnenen Vorhabens in Zusammenarbeit mit dem Institute for Regional Medical-Ecological Problems (IRMEP), Barnaul (Russische Föderation), ist die Abschätzung des gesundheitlichen Risikos nach Strahlenexposition aufgrund der sowjetischen Atombombentests auf dem Testgelände bei Semipalatinsk, Kasachstan. Dies geschieht auf der Basis der am IRMEP vorliegenden Daten. Seit Beginn der 90er Jahre koordiniert dieses Institut das föderale russische Programm zur wissenschaftlichen Untersuchung der Atomtestfolgen sowie zur sozialen Kompensation der exponierten Bevölkerung in der Region Altai. Die Hauptexposition (ca. 80 % der Dosis) ist auf den ersten Atombombentest am 29. August 1949 zurückzuführen. Die Kollektivdosis in der Region Altai wird auf 32.000 Personen-Sv geschätzt. Mittlere Effektivdosen für einzelne Ortschaften betragen nach russischen Angaben bis zu 1,8 Sv. Als Richtlinie für die Kompensationspolitik wurde die sog.

„offizielle Maximaldosis“ berechnet, die rund 50 % über der mittleren Effektivdosis liegt, um Unsicherheiten bei der Dosisrekonstruktion zu berücksichtigen (**Tabelle S-8**).

Zur Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen wurde am IRMEP retrospektiv ein Register der 1949 exponierten Bevölkerung erstellt. Dabei wurde auf alle in ländlichen Gebieten vorhandenen Datenquellen, wie Dokumente von Kolchonen und Schulen, zurückgegriffen. Informationen zu Todesursachen der Verstorbenen wurden vor Ort und im zentralen Personenstandsregister (ZAGS) in Barnaul recherchiert. Die erstellte Datenbank umfaßt drei Personengruppen: a) die 1949 exponierte Bevölkerung, b) Immigranten in die exponierte Region, c) die Bevölkerung des Jahres 1949 aus einem Kontrollrayon.

Angestrebt wird eine möglichst vollständige Erfassung der drei Kohorten mit dem Ziel, eine Kohortenanalyse zur Mortalität durchzuführen. **Tabelle S-9** zeigt den derzeitigen Stand des Follow-up.

Im Rahmen des EU-Projekts wurde der Follow-up in der exponierten Kohorte von <30 % auf 41 % erhöht. Eine weitere Erhöhung ist möglich durch die Einbeziehung der Wanderungsbewegung in die drei größeren Städte der Region (Rubtsovsk, Biisk, Barnaul). Für die Durchführung einer Kohortenstudie ist ein Follow-up von >90 % erforderlich. Vorab kann bereits eine Analyse der Todesursachen für die Subkohorte der nicht-emigrierten exponierter Personen durchgeführt werden. Bereits 1994 wurde am IRMEP eine derartige Studie zu Todesursachen der bis 1993 verstorbenen Männer durchgeführt. Das aufgrund dieser Daten berechnete relative Risiko für bösartige Neubildungen (alle Lokalisationen) war nur in der Dosisgruppe >1 Sv signifikant erhöht, es zeigte sich jedoch ein Anstieg des relativen Risikos mit zunehmender Dosis. Aufgrund des hohen Verlusts beim Follow-up und der Beschränkung auf nicht-emigrierte Personen ist bei dieser Studie jedoch von

einer erheblichen Auswahlverzerrung auszugehen.

Bei der derzeitigen Datenlage ist für analytische Studien ein Fall-Kontroll-Design sinnvoll. Zunächst werden Studien zur Mortalität an Lungen- und Magentumoren vorbereitet. Es wird geprüft, welche Informationen zum Rauchverhalten und zur Ernährung der Bevölkerung in der Region Altai vorliegen, um diese als konkurrierende Risikofaktoren bzw. Confounder berücksichtigen zu können. Da z. Z. nur für die Gruppe der exponierten Personen und für Immigranten Informationen zu Todesursachen vorliegen, werden die Fälle und Kontrollen ausschließlich aus diesen Gruppen ausgewählt; der nicht-exponierte Rayon wird zu einem späteren Zeitpunkt einbezogen. Alle Personen, die frühestens fünf Jahre nach der Exposition an Lungen- bzw. Magentumoren verstorben sind, werden als Fälle betrachtet und mit vier Kontrollen nach Geschlecht und Alter bei Exposition gematcht. Unter der Annahme, daß 50 % der Kontrollen exponiert waren, reicht bei diesem Design und einer statistischen Power von 80 % die Fallzahl aus der Datenbank des IRMEP aus, um eine Odds Ratio von 1,5 aufzudecken.

Wichtigste Aufgabe ist weiterhin die Verbesserung des Follow-up. Im Rahmen eines Ende 1998 beginnenden neuen EU-Vorhabens ist der systematische Aufbau eines Todesursachenregisters in den Studiengebieten der Region Altai vorgesehen.

[1] *Shoikhet, Y. N.; Kiselev, V. I.; Loborev, V. M.; Sudakov, V. V.; Algazin, A. I.; Demin, V. F.; Lagutin, A. A.*
The 29 August 1949 Nuclear Test. Radioactive Impact on the Altai Region Population. Barnaul (1998)

[2] *Algazin, A. I.; Shoikhet, Y. N.; Kiselev, V. I.; Oskorbin, N. M.*
The epidemiological analysis of causes of death of men exposed to the nuclear test on August 29, 1949 at the Semipalatinsk Test Site. In: Bulletin of the Research Program Semipalatinsk test Site/Altai. N.1 (13). pp 28–50 (in Russian) (1997)

Gesundheitliche Auswirkungen der Atombombentests auf dem Testgebiet Semipalatinsk im Oblast Semipalatinsk, Kasachstan

S. Bauer, B. Grosche

Das am ISH koordinierte und von der EU geförderte Vorhaben steht im engen inhaltlichen Zusammenhang zu dem ebenfalls in diesem Jahresbericht beschriebenen Projekt in der Region Altai, Russische Föderation. Es beinhaltet den Beginn einer Kohortenstudie auf der Grundlage der am Kazakh Research Institute for Radiation Medicine and Ecology (KRIRME), Semipalatinsk, vorliegenden Daten sowie den Aufbau eines Todesursachenregisters im Oblast Semipalatinsk. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse zum Risiko von Mortalität und Inzidenz bösartiger Neubildungen mit anderen exponierten Kollektiven in der Russischen Föderation verglichen werden. Neben ISH und KRIRME sind das Karolinska Institute in Stockholm, die Danish Cancer Society in Kopenhagen und die Medizinische Akademie Semipalatinsk beteiligt. Am KRIRME Semipalatinsk wurden seit Beginn der 60er Jahre Expositions-, Gesundheits- und Bevölkerungsdaten aus einer relativ hoch exponierten Region und einer geringer exponierten Kontrollregion erhoben. Aus diesen beiden Regionen liegen am KRIRME Informationen zu Todesursachen der Verstorbenen vor. Der Follow-up beträgt über 90 %, somit kann eine Kohortenstudie begonnen werden. Eine Datenbank zu Todesursachen in diesen Kohorten wird z. Z. parallel am KRIRME und am ISH aufgebaut. Zusätzlich sollen Daten zur Inzidenz bösartiger Neubildungen für Subkohorten ausgewertet werden und die Datenlage zu somatischen Wirkungen, angeborenen Fehlbildungen und zur chronischen Strahlenkrankheit bewertet. Für einen Teil der Kohorte, ca. 3–4 Rayons des Oblast Semipalatinsk, liegen Informationen zur Inzidenz von bösartigen Neubildungen vor, die vom KRIRME in ersten Querschnittsstudien ausgewertet wurden [1].

Die in Kasachstan und der Russischen Föderation vorliegenden Daten zur Dosi-

metrie sind inkonsistent. Eine erste Validierung der Daten am ISH [biologische Dosimetrie (S 1.1); Thermolumineszenzmessungen an Ziegelsteinen (S 3.6); Analyse von Bodenproben (ST 2.1)] wird z. Z. durchgeführt. Weitere Forschungsprojekte in Kasachstan zur Dosisrekonstruktion in der Umgebung des Testgeländes bei Semipalatinsk werden von der EU, Japan und den USA unterstützt und von verschiedenen Forschungsgruppen in Kasachstan durchgeführt. Hier wird eine Koordinierung der Aktivitäten angestrebt und eine Kooperation vorbereitet.

- [1] Gusev, B. I.; Abylkassimova, Zh. N.; Apsalikov, K. N.
The Semipalatinsk nuclear test site: a first assessment of the radiological situation and the test-related radiation doses in the surrounding territories. Radiat Environ Biophys 36: 201–204 (1997).
- [2] Gusev, B. I.; Rosenson, R. I.; Abylkassimova Zh. N. (1998)
The Semipalatinsk nuclear test site: a first analysis of solid cancer incidence (selected sites) due to test-related radiation. Radiat Environ Biophys 37: 209–214.

Personenidentifikation im Strahlenschutzregister

P. Kragh

Aufgaben des SSR

Das Strahlenschutzregister (SSR) hat die Aufgabe, die Strahlenpässe und Dosiswerte beruflich strahlenexponierter Personen zu überwachen. Es sollen Doppelausgaben von Strahlenpässen und Dosisüberschreitungen ermittelt und den zuständigen Behörden mitgeteilt werden.

Identifizierungsmerkmale

Zur Identifizierung beruflich strahlenexponierter Personen werden dem SSR im wesentlichen Nachname, Vorname und

Geburtsdatum mitgeteilt. Daneben erfolgt mit den Strahlenpaßmeldungen die Mitteilung der Registriernummer des Strahlenpasses und mit den Dosismeldungen werden Geschlecht, Titel und meßstelleninterne Personennummer übermittelt. Mit der Registriernummer des Strahlenpasses steht zwar für Strahlenpaßinhaber ein eindeutiges Identifikationsmerkmal zur Verfügung, es wird aber mit den Dosismeldungen bisher nicht mitgeteilt. Die meßstelleninterne Personennummer kann die Erkennung der von den Meßstellen registrierten Namensänderungen ermöglichen.

Darstellung natürlicher Personen durch Klassen von SSR-Personen

Unterschiedliche Schreibweisen und Unvollständigkeiten von Namen und kleine Fehler des Geburtsdatums können dazu führen, daß eine natürliche Person im SSR durch mehrere unterschiedliche SSR-Personen dargestellt wird. Mit Hilfe eines im SSR entwickelten Rechenprogramms wird eine Klasseneinteilung für die SSR-Personen erzeugt. Jede Personenklasse soll eine natürliche Person darstellen. Zu einer Personenklasse gehören eine oder mehrere SSR-Personen. Gegenwärtig sind im SSR $N = 500.000$ SSR-Personen abgespeichert. Daraus werden 430.000 Personenklassen errechnet. Wenn eine Personenklasse zu klein ist, d. h. wenn sie nicht alle SSR-Personen enthält, die dem Register für eine natürliche Person übermittelt worden sind, kann das dazu führen, daß eine Doppelausgabe eines Strahlenpasses oder eine Überschreitung eines Dosisgrenzwertes nicht erkannt wird.

Entropie von SSR-Personen

Zur Optimierung der Klasseneinteilung ist die Quantifizierung der zur Beschreibung einer Person vorhandenen Information erforderlich. Dazu wird für jede SSR-Person die Entropie:

$$E = -\log(w)$$

als dekadischer Logarithmus der Wahrscheinlichkeit w der Merkmalskombination einer SSR-Person bestimmt. Die

Entropie einer SSR-Person wird als Summe der Beiträge von Nachname, Vorname und Geburtsdatum ermittelt:

$$E = E_{\text{Nachname}} + E_{\text{Vorname}} + E_{\text{Geburtsdatum}}$$

Durch Abschätzung der Anzahl der unterschiedlichen Geburtsdaten ergibt sich: $E_{\text{Geburtsdatum}} = 4$. Die Entropie eines Vor- oder Nachnamens wird aus der Häufigkeit des Auftretens des Vor- oder Nachnamens in der Menge der SSR-Personen abgeschätzt.

Wahrscheinlichkeit der Nichteindeutigkeit von SSR-Personen

Wegen des Fehlens eines eindeutigen Identifikationsmerkmals ist die Eindeutigkeit der Darstellung natürlicher Personen durch SSR-Personen nicht sichergestellt, d.h. es kann vorkommen, daß zwei unterschiedliche natürliche Personen durch die gleiche SSR-Person dargestellt werden. In diesem Fall kann es vorkommen, daß das SSR fälschlicherweise eine Doppelausgabe eines Strahlenpasses oder eine Dosisüberschreitung meldet. Das SSR läßt derartige Irrtümer zu und klärt erst im nachhinein für jede falsche Meldung einer Doppelausgabe oder Dosisüberschreitung mit den Meßstellen und zuständigen Behörden das Identifikationsproblem. Die Wahrscheinlichkeit w_N , daß mehr als eine natürliche Person durch eine SSR-Person dargestellt wird, ist abhängig von der Entropie bzw. der zugehörigen Wahrscheinlichkeit w und der Gesamtzahl N der SSR-Personen:

$$w_E = 1 - e^{-N \cdot w}$$

Sie ist als Kurve a in der **Abbildung** der Verteilungsdichte der Entropie von SSR-Personen (Kurve b, willkürliche Einheiten auf der y-Achse) gegenübergestellt. Aus der geringen Überschneidung beider Kurven in der Umgebung des Entropiewertes 7 ergibt sich die Gesamtwahrscheinlichkeit einer Nichteindeutigkeit von SSR-Personen zu 0,5 %.

Entropie von SSR-Personen bei schwacher Übereinstimmung

Wenn sich die Feldwerte zweier SSR-Personen nur wenig unterscheiden, so daß vermutet werden darf, daß es sich in Wirk-

lichkeit um dieselbe natürliche Person handelt, können diese beiden SSR-Personen im SSR derselben Personenklasse zugeordnet werden. Dabei wird bewußt auf Entropie einzelner SSR-Personen verzichtet. Der nutzbare Rest der Entropie ist in der Abbildung durch die Verteilungsdichte der Entropie (Kurve c, willkürliche Einheiten auf der y-Achse) dargestellt. Gegenüber der Kurve b ergibt sich eine deutliche Verringerung der nutzbaren Entropie und damit auch eine deutliche Erhöhung der Gesamtwahrscheinlichkeit einer Nichteindeutigkeit von SSR-Personen auf 5 %.

Wird die Zuordnung zur selben Personenklasse von der Entropie der übereinstimmenden Information abhängig gemacht, kann der angegebene Wert der Gesamtwahrscheinlichkeit einer Nichteindeutigkeit von SSR-Personen von 5 % auf etwa 1,5 % gesenkt werden. Dabei erhöht sich die Gefahr einer Nichterkennung der Zugehörigkeit zweier SSR-Personen zur selben natürlichen Person.

Nichterkennung von Doppelausgaben und Dosisüberschreitungen

Gegenwärtig werden aus 500.000 SSR-Personen 430.000 Personenklassen gebildet, d. h. 14 % der Personen werden mit anderen Personen der gleichen Klasse zugeordnet. Im SSR wird die Anzahl der zugehörigen natürlichen Personen mit der Anzahl der Personenklassen gleichgesetzt. Für statistische Auswertungen erscheint die damit erreichte Genauigkeit ausreichend. Die Erkennung von Doppelausgaben von Strahlenpässen oder Überschreitung von Dosisgrenzwerten ist aber nicht sichergestellt. Sie ist abhängig von dem benutzten Verfahren der Bildung von Personenklassen. Wenn der Anteil der nicht eindeutigen SSR-Personen nicht über den Wert von 1,5 % ansteigen soll, muß angenommen werden, daß die Wahrscheinlichkeit der Nichterkennung von Doppelausgaben und Dosisüberschreitungen in der gleichen Größenordnung liegt. Zur Erhöhung der Sicherheit kann die Entropie der SSR-Personen vergrößert werden. Dazu wären die Meldung des Geburtsortes und, falls vorhanden, der Registriernummer des Strahlenpasses wünschenswert.

Rechenprogramm

Das Rechenprogramm wurde in C (ANSI Standard) erstellt und unter DOS und UNIX verwendet. Der Kernspeicherbedarf des Programms ist abhängig von der Anzahl der Personen und entspricht etwa dem zweifachen der Personendatei.

Häufigkeit diagnostischer nuklearmedizinischer Untersuchungen in Deutschland und die damit verbundene Strahlenexposition

A. Stamm-Meyer, D. Noßke

Einleitung

Zur Bestimmung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch nuklearmedizinische Untersuchungen gehört die Ermittlung der jährlichen Häufigkeit aller Radionuklidapplikationen und die Bestimmung der mittleren Dosis pro Untersuchungsart.

Im internationalen Rahmen erhebt das United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) Daten zur Häufigkeit nuklearmedizinischer Radionuklidapplikationen und der damit verbundenen Strahlenexposition des jeweiligen Landes.

Bisher liegen keine vollständige Daten über die Häufigkeit diagnostischer nuklearmedizinischer Untersuchungen in Deutschland und die damit verbundene Strahlenexposition vor.

Methode

Zur Ermittlung der Häufigkeit der Radionuklidapplikationen im diagnostischen ambulanten kassenärztlichen Bereich stehen uns Daten über Abrechnungen nuklearmedizinischer Untersuchungsleistungen von der Kassenärztlichen Bundesvereinigung (KBV) für die alten Bundesländer in den Jahren 1988–1994 und zum ersten Mal für die neuen Bundesländer im Jahr 1994 für zwei Quartale zur Verfügung.

Diese Abrechnungsstatistiken per Quartal sind nach Leistungsnummern der Gebührenordnungen für Ärzte-EBM (BMÄ und E-GO) geordnet. Die Organuntersuchungsarten wurden von uns zu Gruppen entsprechend den Vorgaben von UNSCEAR zusammengefaßt, um einen internationalen Vergleich zu ermöglichen.

Der Anteil der stationären Patienten wurde entsprechend den Daten von 1990 (erhoben von Infratest) hochgerechnet und der Anteil der privat ambulanten Patienten abgeschätzt, um die Gesamthäufigkeit zu erfassen.

Für die Abschätzung der effektiven Dosis pro Untersuchung wurde für jede Untersuchungsart das standardmäßig verwendete Radiopharmakon mit einer üblicherweise

applizierten Aktivität angenommen. Die Berechnungen der effektiven Dosen erfolgten für die einzelnen Untersuchungsarten entsprechend den Dosiskoeffizienten in Addendum 1 von ICRP 53 unter Berücksichtigung der Organwichtungsfaktoren von ICRP 60. Die Ermittlung der kollektiven effektiven Dosen erfolgte aus den errechneten Häufigkeiten und den effektiven Dosen pro Untersuchung.

Ergebnisse

1994 wurden etwa 2,8 Millionen nuklearmedizinische Untersuchungen in Deutschland durchgeführt. Diese Zahl entspricht ungefähr 34 nuklearmedizinischen Untersuchungen pro 1000 Einwohnern. Am

häufigsten wurden 1994 Szintigraphien der Schilddrüse (50 %) und des Skeletts (26 %) durchgeführt.

Tabelle S-12 vergleicht die Häufigkeiten nuklearmedizinischer Untersuchungen im ambulanten kassenärztlichen Bereich in den alten und neuen Bundesländern im Jahr 1994. Die Gesamthäufigkeit nuklearmedizinischer Untersuchungen pro 1000 Einwohnern in den neuen Bundesländern betrug 1994 ca. 84 % der Untersuchungen in den alten Bundesländern. Der Trend für die häufigsten nuklearmedizinischen Untersuchungen der Schilddrüse (62,5 % und 57,4 %) und des Skeletts (24 % und 14,4 %) bestätigt sich sowohl für die alten als auch für die neuen Bundesländer. Eine unterschiedliche Verteilung der Häufigkeiten folgt für die weiteren Organgruppen: in den alten Bundesländern: das Herz (6,3 %), die Niere (3,3 %), die Lunge (2 %) und in den neuen Bundesländer: die Niere (11,6 %), das Herz (9,2 %) und die Gefäße (1,8 %).

Die Trendanalyse zur Häufigkeit nuklearmedizinischer kassenambulanter Untersuchungen in den alten Bundesländern für die Jahre 1988–1994 ist in der **Abbildung S-12** dargestellt.

Die nuklearmedizinischen Untersuchungen der Schilddrüse sind mit Abstand die häufigsten gefolgt von denen des Skeletts, des Herzens, der Niere, der Lunge, des Gehirns und der Leber/Galle. Zusätzlich ist festzustellen, daß 1994 die Häufigkeit nuklearmedizinischer Untersuchung der Schilddrüse um ca. 16 %, des Skeletts um ca. 11 %, des Herzens um ca. 41 % und der Lunge um ca. 24 % im Vergleich zu 1990 gestiegen ist. Dagegen hat die Häufigkeit der nuklearmedizinischen Untersuchungen der Niere um ca. 6 %, des Gehirns um ca. 30 % und der Leber/Galle um ca. 42 % im Vergleich zu 1990 abgenommen.

Tabelle S-11 zeigt, daß die mit einer nuklearmedizinischen Untersuchung verbundene effektive Dosis durchschnittlich 2,7 mSv betrug (gewichteter Mittelwert). Bezieht man die kollektive Dosis von rund 7.700 Personen-Sv auf die Gesamtzahl der Einwohner der Bundesrepublik (81,5 Millionen – Statistisches Jahrbuch 1994), so ergibt sich eine jährliche effektive Dosis

Organ/ Untersuchung	Gesamthäufigkeit 1994 in 1000	Radiopharmakon	applizierte Aktivität/MBq	eff.Dosis pro Unters./mSv	kollektive eff. Dosis/manSv
Gehirn	40	99m-Tc-HMPAO	700	6,5	260
Lunge	210	99m-Tc-MAA	100	1,1	231
Herz	210	201- Tl-Chlorid	75	17	3570
Gefäße	16	99m-Tc-Ery	700	0,6	74
Niere	130	99m-Tc-DMSA	75	0,65	85
Skelett	730	99mTc-Phosphonat	600	3,5	2555
Schilddrüse	1400	99m-Tc-Pertechnetat	50	0,6	840
Leber/Galle	8	99m-Tc-HIDA	150	2,3	18
Rest	37	verschiedene		2,4	89
Summe	2800			2,7	7722

Tabelle S-11

Häufigkeit und effektive Dosen nuklearmedizinischer Untersuchungen in der Bundesrepublik

Organ/Untersuchung	neue Bundesländer	alte Bundesländer
Schilddrüse	11,527	14,811
Skelett	2,887	5,68
Herz	1,841	1,485
Lunge	0,234	0,438
Niere	2,325	0,787
Gehirn	0,64	0,136
Leber/Galle	0,04	0,082
Gefäße	0,359	0,088
Sonstige	0,172	0,187
Gesamt	20,083	23,964

Tabelle S-12

Häufigkeit nuklearmedizinischer Untersuchungen pro 1000 Einwohner – alte/neue Bundesländer

per caput von 0,095 mSv durch nuklearmedizinische Untersuchungen.

Betrachtet man den Beitrag der einzelnen diagnostischen Untersuchungen zur kollektiven Dosis durch nuklearmedizinische Verfahren in der BRD im Jahre 1994, so ist festzustellen, daß die Myokardszintigraphie (46 %) den größten Beitrag zur kollektiven effektiven Dosis lieferte, gefolgt von der Skelettszintigraphie (33 %), während die Schilddrüsenszintigraphie nur rund 11 % beitrug. Dabei ist zu berücksichtigen, daß für die Myokardszintigraphie konservativ von einer 201-Tl-Applikation ausgegangen ist, dieses Radiopharmakon jedoch zunehmend durch andere ersetzt wird, die eine geringere Strahlenbelastung verursachen.

Spezifische Daten in bezug auf Alter und Geschlecht liegen uns nicht vor. Aus diesem Grund wurde ein Forschungsvorhaben initiiert, in dem diese Aspekte genauer untersucht werden sollen. Darüber hinaus sollen auch Daten zur Häufigkeit stationärer Untersuchungen und verwendeter Radiopharmaka einschließlich applizierter Aktivitäten erhoben werden.

Begutachtung nach § 41 StrlSchV im Rahmen von klinischen Prüfungen

V. Minkov, U. Oestreicher, E.-R. Schwarz, B. Bauer

Eine intensive, systematische Arzneimittelforschung ist aus medizinischen und gesundheitspolitischen Gründen unerlässlich. Ein neues medizinisches Produkt muß auf dem Weg zu seiner Zulassung eine präklinische und klinische Prüfung durchlaufen.

Während in der präklinischen Phase im Tierexperiment durch pharmakologische, pharmakokinetische und toxikologische Untersuchungen in vitro und in vivo die Voraussetzungen für die Erstanwendungen geschaffen werden müssen, wird in der anschließenden klinischen Prüfung entschieden, ob ein Arzneimittel bzw. eine Heilmethode zugelassen wird oder nicht. Die klinische Prüfung ist in 4 Phasen unter-

teilt. Prüfungen der Phase I erfolgen zunächst überwiegend an gesunden Probanden und ab der Phase II an Patienten. Die für nicht-radioaktive Arzneimittel geltenden pharmakologischen, toxikologischen und arzneimittelrechtlichen Voraussetzungen und Bestimmungen gelten sinngemäß ebenso für radioaktive Arzneimittel.

Allerdings ist die Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlen am Menschen in der medizinischen Forschung genehmigungspflichtig. Gemäß § 41 StrlSchV darf einem Antrag auf Erteilung einer Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen, falls im übrigen die Voraussetzungen für die Erteilung der Genehmigung nach § 3 Abs. 1 StrlSchV erfüllt sind, nur dann stattgegeben werden, wenn für die beantragte Art der Anwendung ein zwingendes Bedürfnis besteht. Dies ist dann der Fall, wenn die bisherigen Forschungsergebnisse, die sonst ermittelten Befunde und die medizinischen Erkenntnisse nicht ausreichend

und die Anwendung von radioaktiven Stoffen am Menschen zur Erreichung des Forschungszwecks notwendig ist. Dies festzustellen ist Aufgabe einer Gutachtergruppe, die vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) im Benehmen mit dem Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) eingesetzt wird.

Im Rahmen dieser gutachterlichen Tätigkeit wurden 1997 bzw. 1998 (Stand November 1998) 41 bzw. 54 neue Anträge nach § 41 StrlSchV gestellt. Ausgenommen sind bei diesen Angaben Erweiterungs- sowie Änderungsanträge.

Die klinische Prüfung neuer Arzneimittel oder Methoden erfolgt aus organisatorischen, finanziellen sowie rechtlichen Gründen hauptsächlich durch Universitäten. Aus diesem Grund kommt auch der überwiegende Teil der Anträge aus Universitätskliniken.

Tabelle S-13 zeigt, daß die Anzahl der beantragten Studien zur diagnostischen

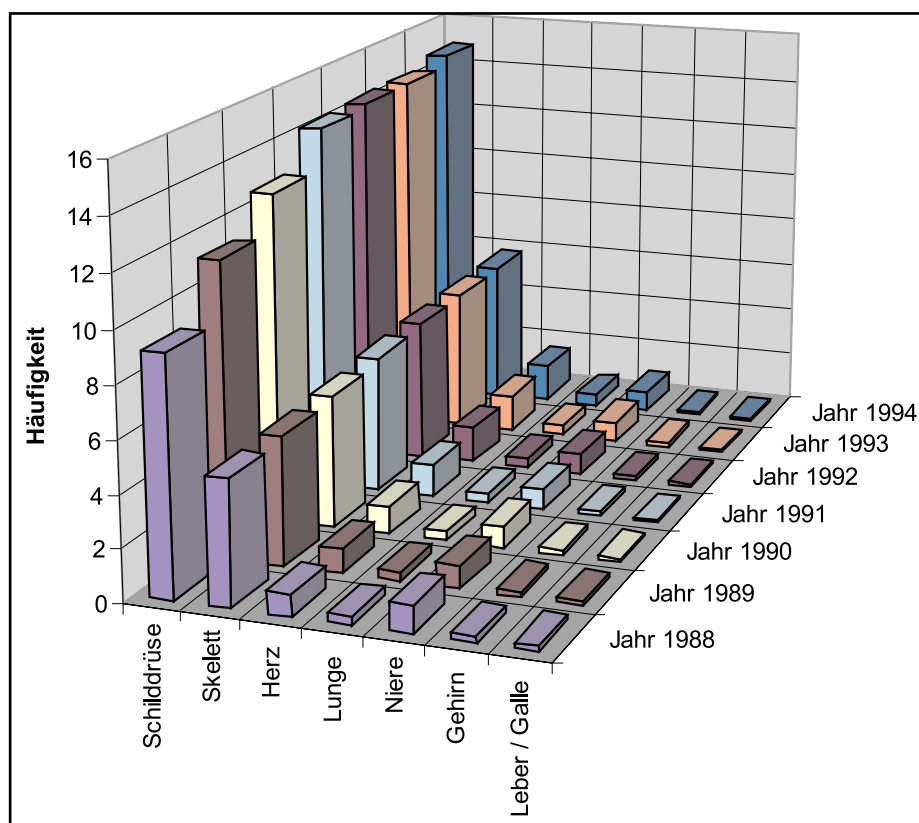


Abbildung S-12
Häufigkeit nuklearmedizinischer Untersuchungen 1988–1994

Jahr	Insgesamt	Universitäten	Andere	Diagnostik		Therapie
1997	41	31	10	36		5
				PET ¹⁾	NUC ²⁾	
				17	19	
1998 ³⁾	54*	40	14	33		12
				PET	NUC	
				28 ⁴⁾	15 ⁴⁾	

¹⁾ (PET: Positronen-Emissions-Tomographie)
²⁾ (NUC: konventionelle Nuklearmedizin)
³⁾ (Stand November 1998)
⁴⁾ (eine Studie mit PET- und NUC-Anwendung)

Tabelle S-13

Anzahl der Begutachtungen entsprechend § 41 StrlSchV, 1997 und 1998

Fachgebiete	Neurologie/Psychiatrie		Onkologie		Kardiologie	
Jahr	1997	1998	1997	1998	1997	1998
PET	4	18	12	6	1	3
NUC	6	4	9	5	1	2
Insgesamt	10	22	21	11	2	5

Tabelle S-14

Verteilung der beantragten diagnostischen Anwendungen entsprechend medizinischer Fachgebiete für 1997 und 1998

PET	Anzahl der Studien		NUC	Anzahl der Studien	
	1997	1998		1997	1998
	17	28		19	15
Pharmakon			Pharmakon		
FDG	12	5	Anzahl der verschiedenen beantragten Pharmaka	15	13
H2O	2	6			
L-DOPA		5			
Andere	5	14			
Nuklid			Nuklid		
F-18	13	14	Tc-99m	8	13
O-15	2	6	I-123	7	1
C-11	2	8	I-131	2	
N-13			Kr-81m	1	1
Ga-68	1	-	TI-201	-	1

Tabelle S-15

Verwendete Pharmaka bzw. Nuklide bei PET und konventionellen nuklearmedizinischen Untersuchungen für 1997 und 1998

Anwendung radioaktiver Stoffe wesentlich größer war als die zu therapeutischen Fragestellungen.

Im Vergleich zu den Vorjahren hat der Anteil der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) weiter zugenommen und überstieg 1998 den Anteil der Anträge mit konventionellen nuklearmedizinischen Methoden einschließlich Single-Photon-Emissions-Computertomographie (SPECT). Die anhaltende Verbreitung von PET-Systemen erfolgt trotz der enormen Investitionskosten.

Die Vorteile der PET-Anwendung im Vergleich zur konventionellen Nuklearmedizin liegen in der besseren absoluten Quantifizierung von Radioaktivitätskonzentrationen, der höheren Sensitivität, der schnelleren Aufnahmesequenzen sowie dem breiten Potential, die Physiologie und Biochemie in gesunden und pathologisch veränderten Geweben in vivo zu untersuchen.

Der Anteil der Anträge zur Anwendung konventioneller nuklearmedizinischer Techniken blieb etwa gleich. Die Forschungsschwerpunkte dieser bereits weit verbreiteten Methoden liegen in der technischen Weiterentwicklung zur Reduktion der physikalischen Nachteile gegenüber PET sowie der Intensivierung der Forschung nach geeigneten SPECT-Radiopharmaka, um die PET-Ergebnisse nachvollziehen zu können. Nicht zu vernachlässigen sind die wesentlich geringeren Investitions- sowie Unterhaltungskosten für SPECT-Systeme.

Der Schwerpunkt der diagnostischen nuklearmedizinischen Anwendungen verlagert sich von onkologischen Untersuchungen im Jahr 1997 auf neurologisch/psychiatrische im Jahr 1998 (**Tabelle S-14**).

Die enorme Zahl der Studien zu onkologischen Fragestellungen in den vorangegangenen Jahren zeigte die Möglichkeit des universellen Einsatzes der PET mit [¹⁸F]-Fluor-Desoxy-Glukose (FDG) bei unterschiedlichen Tumoren, insbesondere zu deren Staging. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann die FDG-PET in der Onkologie als validiert angesehen werden, weshalb sich der Forschungsbedarf mittlerweile reduziert hat. Da zur Zeit kein anderes universelles Radiopharmakon für die

PET in der Onkologie in Sicht ist, kann für diesen Bereich der Onkologie mit vergleichbaren Studienzahlen wie für konventionelle nuklearmedizinische Methoden gerechnet werden.

Gleichzeitig zeigt sich bei der Untersuchung neurologisch/psychiatrischer Fragen mittels PET eine Zunahme des Forschungsbedarfs. Zunehmend von Bedeutung sind auch Fragestellungen zur Kardiologie sowohl für PET als auch für konventionelle nuklearmedizinische Methoden.

Trotz Rückläufigkeit bei den Anträgen zur Onkologie, bleibt FDG neben Wasser und L-DOPA der am häufigsten verwendete PET-Tracer. Außerdem wurde in den Studien die Anwendung eines breiten Spektrums von Pharmaka beantragt, was wiederum deren schnelle Entwicklung bestätigt. F-18 ist neben C-11, O-15 und N-13 für die Jahre 1997 und 1998 das am häufigsten angewendete PET-Nuklid (**Tabelle S-15**).

In der konventionellen Nuklearmedizin wird Tc-99m neben I-123 weiterhin am häufigsten eingesetzt. Es liegt für beide Jahre ein sehr breites Pharmakaspektrum vor, neben neuen Pharmaka werden bereits zugelassene für neue Indikationen angewendet.

Ein wichtiger Aspekt bei der Begutachtung der Anträge ist die Strahlenexposition der an der Studie beteiligten Probanden. Die Dosisverteilung bei gesunden Probanden sowie Patienten ist für die Jahre 1997 und 1998 als kumulative prozentuale Verteilung in **Abbildung S-13a** und **Abbildung S-13b** dargestellt.

Für 1997 und 1998 liegen etwa 70 % bzw. 53 % aller Dosiswerte für gesunde Probanden unter 6 mSv. In dieser Zahl sind alle Studien enthalten, bei denen ausschließlich gesunde Personen untersucht wurden. Bei den höheren Dosiswerten bis max. 50 mSv waren die gesunden Probanden jeweils Vergleichspersonen zu Patienten. Dabei lag die Dosis in fast 95 % der Fälle unter 20 mSv. Dosiswerte über 50 mSv traten bei gesunden Probanden nicht auf.

Bei nahezu 95 % der Patienten für 1997 und 85 % für 1998 lagen die Dosiswerte unter 20 mSv. Bei ca. 5 % (1997) bzw. ca.

15 % (1998) aller Patienten lagen die Werte im Bereich von 20 bis 50 mSv, wobei bei den meisten Patienten ein diagnostischer Nutzen erkennbar war, obwohl § 41 Abs. 11 Satz 1 dies nicht fordert. Die Überschreitung des Grenzwertes von 50 mSv, die bei weniger als 1 % aller Patienten auftrat, wurde nur dann positiv

begutachtet, wenn der diagnostische Nutzen eindeutig nachgewiesen werden konnte.

Probanden im Rahmen von Strahlentherapiestudien wurden in den Abbildungen nicht aufgenommen, da hier die Bestimmung einer effektiven Dosis nicht sinnvoll ist. Entscheidend für die Strahlen-

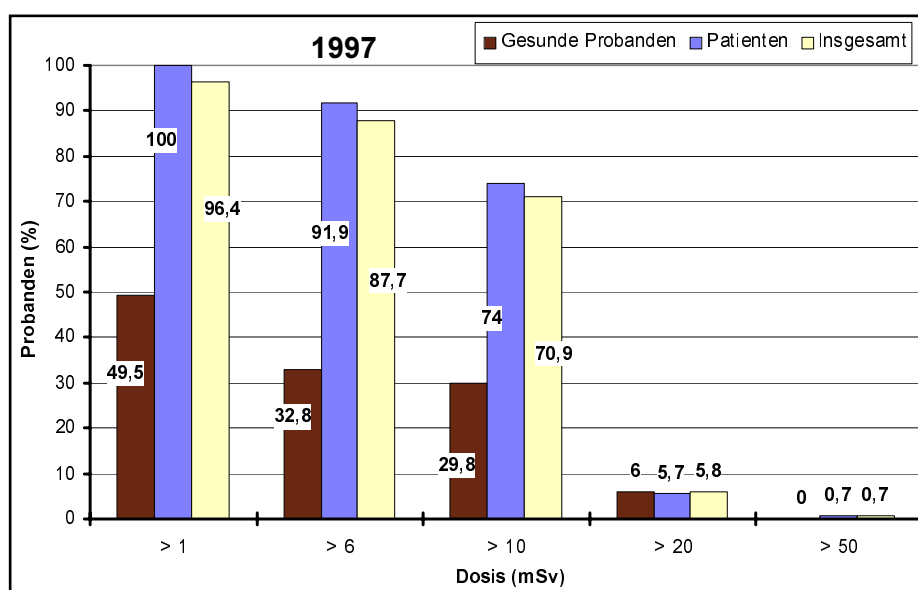


Abbildung S-13a
Kumulative prozentuale Verteilung der effektiven Dosis der Probanden für 1997

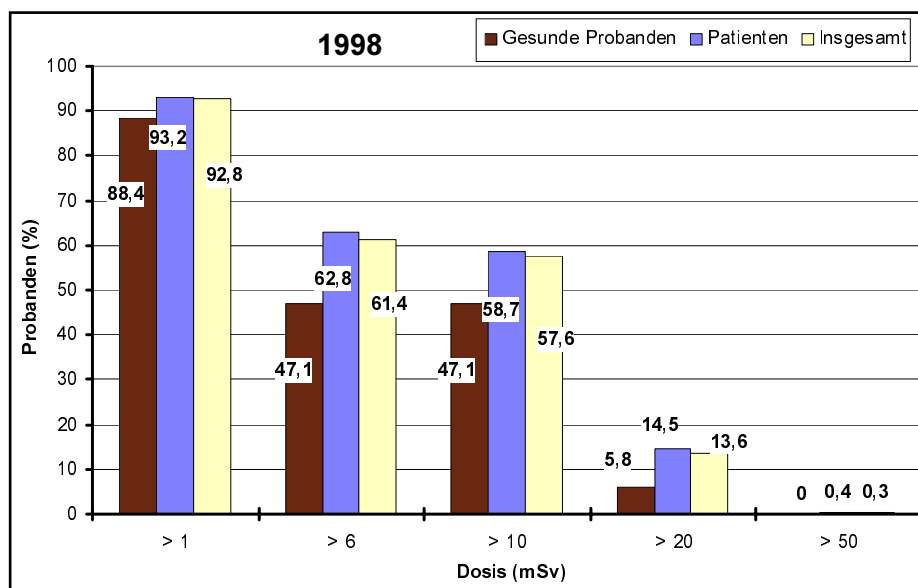


Abbildung S-13b
Kumulative prozentuale Verteilung der effektiven Dosis der Probanden für 1998

therapie ist die Strahlenexposition des Zielvolumens.

Die 1998 beantragten Anträge zur Therapie unter Anwendung radioaktiver Stoffe befaßten sich hauptsächlich mit der intravaskulären Brachytherapie (7 von 12). Das steigende Interesse für diese Therapieform der obliterierenden Erkrankungen der peripheren sowie Koronargefäße ist eine Folge der vielversprechenden Ergebnisse erster Studien. Die intravasale Bestrahlung besitzt das Potential, eine Restenosierung der behandelten Gefäße zu verhindern bzw. zu vermindern.

Die Weiterentwicklung in der Bio- und Radiochemie sowie im Bereich der Genetik bringt einen Aufschwung der Radioimmuntherapie mittels monoklonaler Antikörper, gekoppelt an α -, β -Strahler oder AUGER-Elektronenemitter.

Zukünftig ist mit einem weiteren Anstieg der Studienanträge zur intravaskulären Brachytherapie sowie zur Radioimmuntherapie zu rechnen.

Nach dem jetzigen Stand der Gespräche zur Novellierung der StrlSchV soll das BfS zukünftig nicht nur die Begutachtung nach § 41 StrlSchV im Rahmen von klinischen Prüfungen durchführen, sondern auch bundesweit die Genehmigung zur Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlen am Menschen in der medizinischen Forschung erteilen.

Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle im Solaren- UV-Monitoring-Meßnetz

H. Sandmann

Das Bundesamt für Strahlenschutz betreibt seit 1993 zusammen mit dem Umweltbundesamt (UBA) ein aus vier Stationen bestehendes UV-Meßnetz zur kontinuierlichen, spektral aufgelösten Messung der bodennahen solaren UV-Strahlung. Die Stationen befinden sich in München-Neuherberg, Offenbach, Schauinsland (Schwarzwald) und Zingst (Ostsee). In der Zwischenzeit wurde das Meßnetz durch vier zusätzliche, assoziierte Stationen erweitert, die vom LfU Bayern (Kulmbach),

BAuA Dortmund, DWD Potsdam sowie der CAU zu Kiel betrieben werden. Um eine einheitlich hohe Qualität der Meßdaten zu garantieren, wurde vom BfS auf der Grundlage internationaler Richtlinien und Vorschläge [1] ein Gesamtkonzept zur Qualitätssicherung und -kontrolle erarbeitet [3]. Von besonderer Bedeutung war es dabei, den Meßnetzcharakter der weit auseinanderliegenden, über ganz Deutschland verteilten Stationen zu berücksichtigen. Auch aufgrund der angespannten Personalsituation mußte daher besonderer Wert auf die zunehmende Automatisierung bei der Qualitätskontrolle sowie mehr Eigenverantwortung der Stationen vor Ort gelegt werden.

Prinzipiell wird zwischen Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle unterschieden. Qualitätskontrolle wird eigenverantwortlich von allen Stationen vor Ort durchgeführt, während hingegen die Qualitätssicherung für das BfS/UBA-Meßnetz die unabhängige Referenzstation in München-Neuherberg übernimmt. Die assoziierten Stationen orientieren ihre Qualitätssicherungsstrategie an dem Konzept des BfS, die Durchführung liegt jedoch in eigener Verantwortung.

Bei der Qualitätssicherung kommt der Referenzstation in München-Neuherberg eine zentrale Rolle zu. Hier befindet sich ein optisches Kalibrierlabor sowie das temperaturstabilisierte Referenz-Spektralradiometer Bentham DTM300 (vergl. **Abbildung S-14 II**). Dieses verfügt über eine Eingangsoptik, die sowohl Außen- als auch Labormessungen zuläßt. Das Referenzsystem dient zum einen dem ständigen Gerätevergleich mit dem Neuherberger Meßnetzsystem (6). Zum anderen werden hiermit die zur Kalibration der Meßnetzsysteme (4) verwendeten Arbeitsstandards vermessen (2). Die Kalibration des Referenzsystem selbst erfolgt dabei direkt mit den von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) abgegebenen Sekundärstandards (1). Die im Meßnetz verwendeten Arbeitsstandards lassen sich somit über das Referenzspektralradiometer direkt auf den nationalen PTB-Standard zurückführen.

Als zusätzliches Instrument der Qualitätssicherung wird derzeit ein transportables Mobilsystem (IV) etabliert, welches eben-

falls direkt mit den PTB-Standards kalibriert wird (3). Das Mobilsystem erfüllt mehrere Zwecke. Es kann durch Teilnahme an nationalen und internationalen Meßgerätevergleichen und anschließendem Gerätevergleich mit dem Referenzsystem den externen Standard mit dem Meßnetzstandard vergleichen (8). Auch läßt sich durch Gerätevergleiche mit den Meßnetzsystemen im Anschluß an vor-Ort-Kalibrationen eine größtmögliche Kontrolle der Kalibrierengenauigkeit erzielen (7). Nicht zuletzt kann das Mobilsystem im Falle eines längeren Ausfalls eines der Meßnetzsysteme zum Einsatz kommen.

Auch der regelmäßige Austausch der Arbeitsstandards mit anderen Institutionen dient der Qualitätssicherung (9). Hierbei kam es bereits zur Zusammenarbeit mit dem DWD, bei der sich gezeigt hat, daß der BfS-Arbeitsstandard im Bereich von $\pm 1,5\%$ mit dem DWD-Standard übereinstimmt. Diese Abweichung liegt noch in dem Bereich, den die PTB als Meßungenauigkeit für die von ihnen abgegebenen Sekundärstandards angibt. Eine Vermessung des vom Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) eingesetzten Kalibrierstandards von allen am Meßnetz beteiligten Stationen ist für 1999 angesetzt.

Kalibrationen werden nach einer einheitlichen, von der Systemsoftware unterstützten Routine standardisiert durchgeführt. Im Rahmen der anschließenden Dokumentation werden die anfallenden System- und Lampendaten zentral organisiert abgespeichert und ausgewertet. 1999 soll dann eine neue Meß- und Auswertesoftware zur Verfügung stehen, mit der aufbauend auf dieser Vorschrift eine Kalibration interaktiv und rechnerkontrolliert durchgeführt werden kann. Weiterhin wurde auf der Grundlage internationaler Vorschläge eine Routine zum Vergleich der PTB-Standards und der abgeleiteten Arbeitsstandards entwickelt, bei der mögliche Fehlerquellen minimiert werden (5, 10).

Im Bereich der Qualitätskontrolle sollen die Meßsystembetreiber vor Ort künftig mehr Eigenverantwortung erhalten. Dies umschließt die tägliche Kontrolle der Vortags-Systemparameter ihres eigenen Meßsystems, die jeder Station in Form

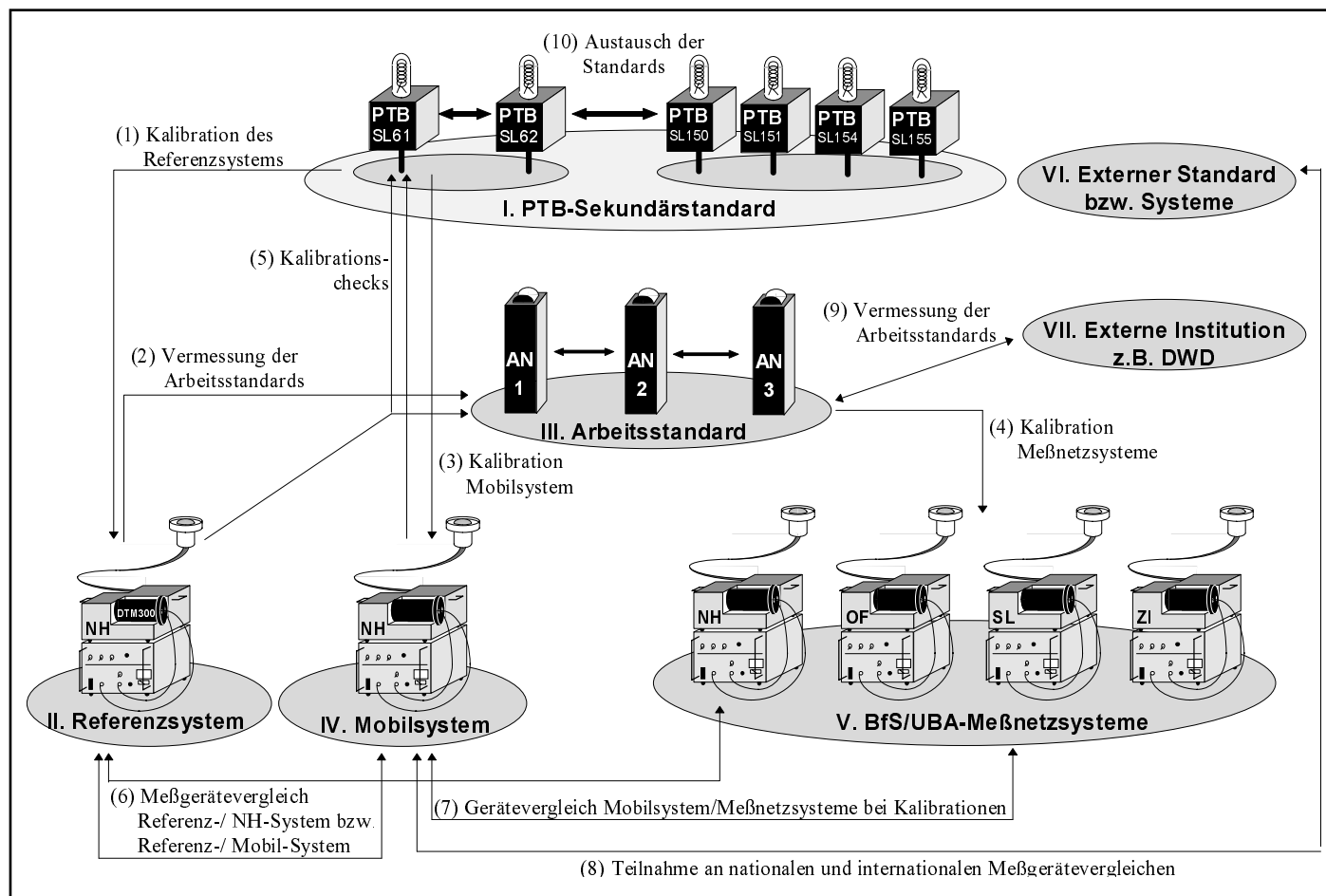


Abbildung S-14II
„Konzept der Qualitätssicherung des solaren UV-Monitoring-Meßnetzes des BFS/UBA“

eines reduzierten Datensatzes vorliegen. Die Wellenlängengenauigkeit des Systems wird dabei automatisch durch Abtastung der Fraunhoferlinie bei 393,36 nm in jedem gemessenen Spektrum ermittelt. Zukünftig wird darüber hinaus täglich ein hochaufgelöstes Spektrum mit den wichtigsten Absorptionslinien im UV-Bereich gemessen. Durch Vergleich mit dem extraterrestrischen Spektrum kann somit die spektrale Wellenlängengenauigkeit sowie deren Langzeitverhalten kontrolliert werden. Zusätzlich wird täglich eine Plausibilitätskontrolle des Mittagsspektrums und der Gesamtstrahlung sowie des Dunkelstroms, der Scandauer und des Temperaturverlaufs durchgeführt. Eine weitere, automatisiert ablaufende Routine zur Qualitätskontrolle wird der Vergleich zwischen gemessenen und mit

einem Strahlungstransfermodell berechneten Spektren sein. Auch der Vergleich zwischen dem aus den Spektren ermittelten und dem direkt vom DWD gemessenen Ozongehalt der Stratosphäre läßt sich zur Qualitätskontrolle einsetzen. Hierbei zeigte sich bisher bereits Übereinstimmung im Bereich von $\pm 5\%$ [3].

Ein wichtiges Instrument der Qualitätskontrolle im BFS/UBA-Meßnetz ist eine seit Anfang 1998 bei allen Stationen eingesetzte Vorrichtung, welche jede Nacht automatisch über die Eingangsoptik schwenkt. Durch spektrales Vermessen eines sich hierin befindlichen 35 W Lampenmoduls läßt sich die relative Empfindlichkeit des Meßsystems im Vergleich zu den vorangegangenen Tagen bestimmen. Es zeigte sich, daß die erzielte Genauigkeit bei $\pm 5\%$ liegt, bei einigen Systemen

sogar darunter [2, 3]. Für eine automatisierte Kontrolle der Absolutgenauigkeit der Systeme ist dies ausreichend. Systemfehler, die mit Änderung der Empfindlichkeit einhergehen, können unmittelbar erkannt werden. Da zusätzliche Parameter wie Lampenstrom, -spannung sowie Gesamtstrahlung gemessen werden, läßt sich erkennen, ob die mögliche Fehlerursache im System oder in dem Abstrahlverhalten der Lampe liegt. Diese Vorrichtung ist ein wichtiger Bestandteil einer automatisiert ablaufenden Qualitätskontrolle für Systeme, die in großer Distanz zur Referenzstation stehen und somit nicht ständig unmittelbar vor Ort kontrolliert werden können. Zusammen mit den anderen Routinen der Qualitätskontrolle sowie der von der unabhängigen Referenzstation in München-Neuherberg durchgeführten

Qualitätssicherung läßt sich im Solaren-UV-Monitoring-Meßnetz eine Datenqualität erreichen, die ihren Anforderungen wie dem Nachweis einer möglichen Zunahme der bodennahen UV-Strahlung aufgrund der Abnahme stratosphärischen Ozons genügt.

- [1] Webb, A. R.; Gardiner, B. G.; Martin, T. J.; Leszczynski, K. Metzendorf, J.; Mohnen, V.A.
„Guidelines for Site Quality Control of UV Monitoring“, WMO-Global Atmosphere Watch No. 126, WMO, Geneva (1998)
- [2] Steinmetz, M.; Sandmann, H.; Wallasch, M.; Scheel, O.
„Solar UV Monitoring by BfS/UBA – Improved QA/QC With Newly Developed Calibration Units“, 1st Workshop of the Thematic Network for Ultraviolet Measurements, Helsinki, 02.–03. 03. 1998
- [3] Sandmann, H.; Scheel, O.; Steinmetz, M.; Wallasch, M.
„QA/QC of BfS/UBA UV Monitoring Network in Practice“, 2nd Workshop of the Thematic Network for Ultraviolet Measurements, Braunschweig, 09.–11. 11. 1998

Messung des Einflusses von Emissionen handelsüblicher Mobilfunktelefone auf verschiedene Hirnstromaktivitäten des Menschen

J. Brix, K. Bötzel*, P. E. Haberhauer*, S. Krafczyk*, N. Mai*, R. Matthes, O. Scheel, S. Schulze*

Einführung und Ziel der Untersuchung

In den letzten Jahrzehnten werden die hochfrequenten elektromagnetischen Felder, wie sie z. B. bei Nachrichtenübertragung durch Rundfunk und Fernsehen oder beim Mobilfunk flächendeckend auftreten, als neuer Umweltfaktor intensiv diskutiert.

Die zum Schutz der Bevölkerung in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) festgelegten Grenzwerte für elektromagnetische Felder stützen sich auf Empfehlungen der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) und der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK). Diese Empfehlungen werden regelmäßig auf der Basis neuer wissenschaftlicher Ergebnisse überarbeitet. Die letzte Veröffentlichung der ICNIRP vom April 1998 bestätigt die Werte, die der 26. BImSchV zugrunde liegen.

Vom Bund und den Ländern werden Untersuchungen auf breiter Ebene durchgeführt, um die Erkenntnislage hinsichtlich möglicher gesundheitlicher Wirkungen nichtionisierender Strahlung zu verbessern.

Der mögliche Einfluß einer Mikrowellenexposition auf die Gehirnstromaktivität wird seit einigen Jahren in der Literatur sehr kontrovers diskutiert. Von Klitzing [5] hat 1992 beschrieben, daß durch die Exposition mit gepulsten Mikrowellen ein direkter Effekt auf das Alpha-EEG als auch ein Langzeiteffekt nach Abschaltung des Feldes auftrat.

Ziel der vorliegenden Studie war die Klärung der Frage, ob mit der heute zur Verfügung stehenden Technik ein Einfluß gepulster Mikrowellen, wie sie von digitalen Mobilfunksystemen ausgehen, auf die elektrische Hirntätigkeit des Menschen nachweisbar ist. Die Untersuchungen fanden im Rahmen einer Kooperation mit der Neurologischen Klinik im Klinikum Großhadern, LMU München, statt. Das Projekt wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen gefördert.

Untersucht wurden dabei Wirkungen, die in unmittelbarem zeitlichen Zusammenhang mit der Mikrowellenexposition auftreten. Ob ein meßbarer Effekt als Gesundheitsrisiko zu werten ist, läßt sich zwar mit einer EEG-Untersuchung allein nicht zufriedenstellend beantworten. Ein solcher Effekt würde aber einen Anlaß darstellen, weitergehende Studien durchzuführen.

Hirnstrommessungen am Menschen

In einem Elektroenzephalogramm (EEG) werden die gleichzeitig im Gehirn ablaufenden elektrischen Prozesse über Oberflächen Elektroden aufgezeichnet. Im EEG finden sich Schwingungen verschiedener Frequenzen, die sich überlagern oder gleichzeitig an unterschiedlichen Ableitpunkten auftreten können. Die oszillierenden Hirnströme werden nach ihren Frequenzen fünf Frequenzbändern zugeordnet. Unterschieden werden dabei Delta-Wellen (Frequenz 0,5 bis 3,5 Hz), Theta-Wellen (3,5 bis 7,5 Hz), Alpha-Wellen (7,5 – 12,5 Hz), Beta-1-Wellen (12,5 bis 18 Hz) und Beta-2-Wellen (18 bis 30 Hz). Wellen der einzelnen Frequenzbereiche können verschiedenen Bewußtseinszuständen (Wachheit, Müdigkeit, Schlaf) zugeordnet werden. Krankhafte Veränderungen wie z. B. Koma, Hirnverletzungen oder Vergiftungen sind ebenfalls in den EEG-Mustern erkennbar.

Da das EEG eine Aufsummierung gleichzeitig ablaufender elektrischer Prozesse ist, kann nur in begrenztem Umfang eine Aussage zu Zustand und Integrität einzelner, funktionell zusammengehöriger Gehirnbereiche getroffen werden. Dies wird erst durch die Ableitung sogenannter evoked Potentiale möglich. Hierzu wird eine Versuchsperson wiederholt einem äußeren Reiz ausgesetzt und parallel dazu wird, synchronisiert mit dem Reiz, das EEG aufgezeichnet.

Expositionsparameter und Probandenkollektiv

Während eines Versuchsdurchgangs wurden in einer für den Probanden unbekannten Reihenfolge die Mobiltelefone ein- und ausgeschaltet. Der Proband nahm außerdem an verschiedenen Versuchsdurchgängen teil: In möglichst entspannter Haltung wurde sein Ruhe-EEG untersucht, danach wurden ihm hörbare Klickzeichen vorgespielt, um akustisch stimulierte Gehirnreize genauer betrachten zu können. Zuletzt mußte der Proband wechselnde Muster betrachten, um optisch stimulierte Gehirnreize zu erhalten. Die Dauer eines Versuchsabschnittes betrug 36

* Ludwig-Maximilian-Universität, Klinikum Großhadern, Neurologische Klinik

Minuten, der mit unterschiedlichen Expositionen mehrfach wiederholt wurde.

Ausgewertet wurden EEG-Ableitungen von 39 gesunden Probanden, 21 Frauen und 18 Männern im Alter zwischen 16 und 58 Jahren.

Das Handtelefon befand sich standardisiert stets in einer gebrauchstüblichen Position unmittelbar am rechten Ohr des Probanden, in einem Winkel von 45° zur Horizontalen. Selbst bei maximaler Sendeleistung der verwendeten Sender kam es zu keiner Überschreitung der Teilkörpergrenzwerte der ICNIRP bei den Probanden (D-Netz mit 2W bei 902,4 MHz, $SAR_{max} = 0,3 \text{ W/kg}_{10g}$, 23 Probanden und E-Netz mit 1 W bei 1760 MHz, $SAR_{max} = 0,52 \text{ W/kg}_{10g}$, 16 Probanden).

Die absorbierte Energie der hochfrequenten Felder wird in Wärme umgesetzt, die bei Einhaltung der Grenzwerte deutlich unter der Schädigungsschwelle liegt. Darüber hinaus kann es beim Telefonieren mit Mobilfunktelefonen zu Erwärmungen in Ohrnähe kommen, die nicht auf die Absorption der hochfrequenten Felder zurückzuführen sind. Sie rühren von der Erwärmung der Handy-Akkus her. Die Abstrahlung dieser Wärme hängt von der speziellen Konstruktion der Handys ab.

Über einen Zeitraum von 45 Minuten erwärmte sich in dieser Studie das Tastenfeld des D-Netz Handys deutlich von 26°C auf 32°C. Eine analoge Erwärmung um ca. 3°C in den ersten 30 Minuten war auf der Wangenhaut nachzuweisen. Am Probandenohr waren keine Erwärmungen meßbar, obwohl das Handygehäuse sich auch an der entsprechenden Stelle um 6°C erwärmte. Eine kürzlich erschienene schwedisch-finnische Studie [3] zeigte, daß die befragten Mobilfunknutzer, die ein NMT-Handy (nicht gepulste HF-Felder) besitzen, öfter über Wärmeerscheinungen berichten, als die Nutzer der GSM Mobiltelefone.

Auswertungen des Ruhe-EEG nach Exposition im D-Netz-Feld

Keinerlei Auffälligkeiten waren bei 19 der 23 Probanden zu finden. Bei 4 Probanden zeigte die Einzelauswertung der Ruhe-EEGs im Alpha-Band in der ersten Durch-

sicht Besonderheiten, die jedoch nicht auf die Exposition zurückgeführt werden konnten; z. B. zeigte ein Proband eine starke Aktivitätszunahme noch vor der ersten Expositionsphase. Ein weiterer Proband fiel durch eine erhöhte EEG-Aktivität während beider Expositionsphasen im Vergleich zur nachfolgenden Scheinexpositionsbedingung auf. Die den Expositionsphasen vorangehenden AUS-Bedingungen zeigten jedoch eine annähernd gleich hohe Aktivität, so daß kein Anhalt für einen Mikrowelleneffekt gegeben ist.

Zwei weitere Probanden zeigten unter Exposition mit dem D-Netz-Handy einen Aktivitätsanstieg im Vergleich zur Aktivität der vorangehenden AUS-Bedingung. Einer der beiden Probanden hatte bereits in der Ausgangsbedingung eine der Exposition vergleichbare Aktivität, der zweite zeigte bei der Ableitung der evozierten Potentiale und bei den Reaktionszeitmessungen keine Auffälligkeiten, die Hinweise auf einen Mikrowelleneffekt hätten geben können.

Auswertungen des Ruhe-EEG nach Exposition im E-Netz-Feld

Die Einzelauswertung der Ruhe-EEGs der E-Netz-Probanden zeigte bei 3 von 16 Probanden ein auffälliges Verhalten der EEG-Aktivität. Unter Exposition mit dem E-Netz-Handy ergab sich eine Abnahme (ein Proband) bzw. eine Zunahme der Aktivität (zwei Probanden) im Alpha-Band. Einer der Probanden mit Aktivitätszunahme besaß in den der Expositionsbedingung folgenden beiden AUS-Bedingungen gleich hohe EEG-Leistungen. Dieser Proband zeigte jedoch bei den evozierten Potentialen und Reaktionszeiten (s. u.) keine Besonderheiten. Daher ist es unwahrscheinlich, daß es sich bei der Aktivitätszunahme im Ruhe-EEG um einen Feldeffekt handelt.

Bezüglich einer Zunahme der EEG-Aktivität fiel somit lediglich ein Proband auf, der jedoch bei der Ableitung der evozierten Potentiale und bei den Reaktionszeitmessungen keine Auffälligkeiten zeigte, die Hinweise auf einen Mikrowelleneffekt hätten geben können.

Auswertung der evozierten Potentiale und Reaktionszeiten

In allen drei Versuchsabläufen wurden neben dem Ruhe-EEG auch akustisch evozierte Potentiale abgeleitet. Im dritten Versuchsablauf (E-Netz) wurden zusätzlich noch visuell evozierte Potentiale aufgezeichnet.

Hierzu wurden den Versuchspersonen Töne unterschiedlicher Frequenz (akustisch evozierte Potentiale) und optische Reizmuster (visuell evozierte Potentiale) dargeboten. Durch Mittelung wurden die typischen Potentialkurven über der Hirnrinde dargestellt und auf dieselbe Weise wie das Ruhe-EEG ausgewertet. Es ergab sich auch hier kein Anhaltspunkt für eine durch Mikrowellen bedingte Änderung der EEG-Aktivität.

Zur Registrierung der Reaktionszeiten aller Probanden mußte das Erkennen eines bestimmten Tonreizes bei der Ableitung der ereigniskorrelierten Potentiale mit einem Tastendruck quittiert werden. Parallel zu der Registrierung der EEG-Kurven wurde auf einem zweiten Meßrechner die Reaktionszeit auf den Tonreiz in einer fortlaufenden Tabelle mitgespeichert.

Die Reaktionszeiten wurde durch Exposition mit gepulsten hochfrequenten Felder nicht verändert.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurden 39 gesunde, nicht elektrosensible Versuchspersonen im Alter von 16 bis 58 Jahren untersucht. Sie wurden unter Aufzeichnung der Hirnströme der gepulsten Mikrowellen-Strahlung verschiedener Mobilfunktelefone ausgesetzt. In drei Versuchsabläufen wurden ein D-Netz-Autotelefon mit Spiralantenne sowie ein D-Netz- und ein E-Netz-Handy, jeweils mit Dipolantenne, als Expositionseinrichtung verwendet. Über 32 Elektroden wurden das Ruhe-EEG sowie akustisch und visuell evozierte Potentiale aufgezeichnet. Außerdem wurden Reaktionszeiten gemessen.

Der Untersuchungsablauf war in aufeinanderfolgende Blöcke mit unterschiedlichen experimentellen Bedingungen

(Expositions-, Scheinexpositions-, AUS-Bedingungen) gegliedert.

Für die EEG-Auswertung wurde die Summenaktivität in den verschiedenen Frequenzbändern ermittelt und diese im Verlauf über die verschiedenen Untersuchungsbedingungen betrachtet. Insbesondere wurden die Aktivitäten von Expositions- und Scheinexpositions-Bedingung miteinander verglichen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse neurophysiologischer Untersuchungen im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern muß die hohe inter- und intraindividuelle Variabilität der Befunde kritisch mit einbezogen werden. Die EEG-Aktivität ist abhängig von Faktoren, die auch unter Versuchsbedingungen schwer zu kontrollieren sind, wie z. B. die Aufmerksamkeitschwankungen der Probanden, die aber einen erheblichen Einfluß auf das EEG-Spektrum haben können.

In dieser Studie fanden sich keine Hinweise auf eine Beeinflussung der Ruhe-EEG-Aktivität, der Hirnstromaktivität bei optischen und akustischen Reizen oder der Reaktionszeit durch Mikrowellenstrahlung von Mobiltelefonen.

Reiser et al. [2] fanden eine anhaltende Leistungszunahme im Alpha-2- und in den Beta-Bändern während und nach der Exposition durch 150 MHz Felder (Mega-Wave 150/1). Die Exposition mit einem Mobiltelefon führte zu einer Zunahme der Aktivität in den gleichen Frequenzbändern aber erst 15 min nach Ende der Exposition. Auch von Klitzing [5] beschreibt den durch die Exposition mit gepulsten Mikrowellen direkten Effekt auf das Alpha-EEG (Zunahme) als auch den Langzeiteffekt nach Abschaltung des Feldes.

In zwei 1997 veröffentlichten Studien [1,4] fanden die Autoren keinen Einfluß auf das EEG des wachen Menschen. Mann und Röschke zeigten bei insgesamt 34 Probanden, daß die Exposition mit einem D-Netz-Mobiltelefon (900 MHz, 217 Hz Pulsfrequenz) nach einer Expositionsdauer von 3,5 min in einer halbblinden Studie keine Veränderung des EEG bewirkt.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die ursprünglichen Ergebnisse von v. Klitzing [5] nicht reproduziert werden konnten.

Die Exposition kommerziell erhältlicher Mobilfunksysteme beeinflusst weder das Ruhe-EEG noch durch Reize evozierte Hirnpotentiale.

- [1] Mann, K.; Röschke, J.
No-short-term effects of digital mobile radio telephone on the awake human elektroencephalogram. Bioelectromagnetics 18: 172–176 (1997)
- [2] Reiser, H.P.; Dimpfel, W.; Schober, F.
The influence of electromagnetic fields on human brain activity. Eur. J. Med. Res. 1: 27–23 (1995)
- [3] Sandström, M.; Oftedal, G.; Hanssen Mild, K.; Wilén, J.
Subjektive symptoms among mobile phones users in Sweden and Norway. A Swedish-Norwegian epidemiological study. 20. Annual Meeting BEMS, Florida, p. 99, 1998
- [4] Splitter, J. F.; Calabrese, P.; Gehlen, W.
Einfluß elektromagnetischer Felder auf die menschliche Hirnaktivität. Medizintechnik 5: 176–178 (1997).
- [5] Von Klitzing, L.
Electromagnetic fields pulsed with 217 Hz alter EEG of man at very low energy levels. Proceedings of the 14th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Lyon, 221–223 (1992).

Nichtionisierende Strahlung NIR, Datenbank zur aktuellen wissenschaftlichen Literatur

C. Egblomassé, J. Brix, O. Schulz

Mit der 26. BImSchV sind am 1. 1. 1997 Grenzwerte für nieder- und hochfrequente elektromagnetische Felder gesetzlich in Kraft getreten. Eine Reihe von aktuellen Empfehlungen der Strahlenschutzkommission zur solaren UV-Strahlung, Ultraschall und MR-Bildgebung ergänzen den Bereich des Spektrums nichtionisierender Strahlung. Schutzempfehlungen basieren

auf dem aktuellen Stand der Wissenschaft und sind deshalb kontinuierlich zu überprüfen. Für diese Aufgabe ist es notwendig, eine Literaturlatenbank zu unterhalten, die ständig aktualisiert wird.

Das BfS (ISH) ist, insbesondere durch den Sitz des ICNIRP-Sekretariats, für andere Behörden und auch Privatpersonen ein Ansprechpartner bei speziellen Fragen zu neuesten Erkenntnissen auf dem Gebiet NIR. Das BfS ist ebenfalls Kollaborationszentrum der WHO. In Zukunft sollen alle Arbeiten, die in ICNIRP- und WHO-Veröffentlichungen zum Thema NIR zitiert werden, für Recherchen vor Ort zur Verfügung stehen.

Die Aufnahme der Artikel erfolgt deshalb unter zwei Gesichtspunkten. Die bereits zitierten Basisarbeiten älteren Datums aus Standardwerken werden per Fernleihe bzw. aus der Bayerischen Staatsbibliothek angefordert. Die Neuerscheinungen werden über Recherche zweimal im Monat in den Datenbanken Current Contents und Medline mittels eines Suchprofils und anschließender Sichtung der Suchergebnisse ermittelt. Diese Arbeiten werden, in den meisten Fällen mit Abstract in der Literaturlatenbank (System LARS) eingeleiten. Als Papierversion werden aus der Liste der neuen Veröffentlichungen, die zur Bearbeitung der Amtsaufgaben wichtig erscheinenden Manuskripte beim Autor oder per Fernleihe angefordert bzw. kopiert.

In der Zeit zwischen Juni 1997 und November 1998 wurden durch die Recherche 1204 Zitate, ca. 70 pro Monat, erfaßt. Die Hälfte der Arbeiten ist als Papierversion (Zahl in Klammern) vor Ort vorhanden. Dabei sind die Artikel nicht enthalten, die in den abonnierten Fachzeitschriften jederzeit zugänglich sind.

Ablagegliederung der Literatur in fachliche Bereiche und Anzahl der enthaltenen Zitate:

LF, low frequency, Exposition bis 30 kHz:	291	(212)
HF, high frequency, Exposition bis 300 GHz	126	(87)
NIR, übergreifend	249	(83)
US, Ultraschall	135	(25)

UV, Ultraviolette Strahlung 100–400 nm
252 (137)

IRV, 400 nm bis 1 µm
53 (18)

BIO, ergänzende Fachliteratur ohne Exposition:
98 (36)

Eine wichtige Einteilung neben der Feldcharakterisierung ist die Art der Studie, z. B. Dosimetrie, Theorie oder Experiment. Die Laborstudien zu Wirkungen werden weiter unterteilt, z. B. in vivo d. h., Untersuchungen an Menschen, Labornagetieren, anderen Vertebraten, Invertebraten oder Pflanzen und in vitro, d. h., Untersuchungen an isolierten Zellen oder Gewebeproben. In den letzten 18 Monaten wurden 43 in vitro oder in vivo Arbeiten zur Hochfrequenzexposition in das Literatursystem aufgenommen, von denen 26 einen eindeutigen Feldeffekt beschreiben. Bei den niederfrequenten Feldern gab es 133 Dokumente unter der Kategorie in vitro und in vivo, von denen 87 einen positiven Befund belegen. Studien, deren Ergebnisse nicht eindeutig waren oder deren Effekte noch zu klären sind, wurden ebenfalls publiziert (HF und LF je 5).

Die Literaturdatenbank bietet die Grundlage für den nächsten Schritt, bei dem diejenigen Laboruntersuchungen, die einen eindeutig feldevozierten Effekt ergeben haben, konkreter analysiert werden sollen. Basierend auf dem bereits 1997 veröffentlichten Anforderungskatalog an wissenschaftliche Publikationen (J. Bernhardt, J. Brix, O. Schulz, E. Vogel, „Strahlenschutzpraxis, 4/97, 42–49, 1997) sollen die Arbeiten mit positivem Effekt auf eine gesundheitliche Relevanz hin überprüft und bewertet werden. Da die Klassifizierung und die Schlüsselwortvergabe unter dem Aspekt der strahlenhygienischen Bewertung erfolgt, ist eine zielgerichtete Recherche schnell möglich. Die Literaturdatenbank zum Thema NIR ist aufgrund der häufigen Suchvorgänge und des praxisorientierten Aufbaus aktueller als die käuflichen, meist jährlich aktualisierten Datenbanksysteme.

Möglichkeiten der meteorologischen Fernerkundung für die strahlenhygienische Bewertung von Emissionen

H. Walter

Problemstellung/Nutzung der meteorologischen Fernerkundung

Der Transportmechanismus von radioaktiven Substanzen in der bodennahen Atmosphäre (atmosphärische Grenzschicht) wird im allgemeinen beschrieben durch die drei Begriffe

- Emission,
- Transmission und
- Immission.

Unter dem Begriff Transmission können alle Vorgänge subsummiert werden, die sich mit dem Transport von Luftschadstoffen in der Atmosphäre, also der Advektion, Konvektion, der turbulenten Diffusion oder der Deposition beschäftigen.

Nach Berücksichtigung der vorliegenden Randbedingungen kann mit Hilfe eines meteorologischen Ausbreitungsmodells die zeitliche Veränderung der Aktivität der emittierten Substanzen im Lee der Quelle abgeschätzt werden. Aus dieser Abschätzung lassen sich mit Hilfe radioökologischer Modelle Berechnungen der Strahlenexposition der Bevölkerung durchführen und gegebenenfalls entsprechende Notfallschutzmaßnahmen einleiten.

Das Ausbreitungsmodell benötigt für einen bedarfsgerechten Einsatz im mesoskaligen Bereich einen der Situation entsprechenden Satz an meteorologischen Daten. Für den Einsatz im Bereich der Kernreaktor-Fernüberwachung (KFÜ) sollen nachfolgend einige Möglichkeiten der meteorologischen Fernerkundung aufgezeigt werden.

Lösungsmöglichkeiten durch Meßmethoden für die Fernerkundung

Zur Erläuterung der Lösungsmöglichkeiten für eine bedarfsgerechte Datenversorgung von Ausbreitungsmodellen mit entsprechenden Eingangsparametern soll ein Überblick über einige Meßverfahren der Fernerkundung gegeben werden. Es sind dies:

- Satelliten
- SODAR
- Wind – Profiler/RASS
- LIDAR
- Meßmast

Nachfolgend werden diese Meßverfahren kurz beschrieben und einige wesentliche Charakteristika erläutert.

Meßverfahren Satellit

Die in die Messung einbezogenen Satelliten haben in der Regel eine geostationäre Position über dem Äquator in einer Höhe von ca. 36.000 km. Sie messen kontinuierlich im IR-Bereich, im VIS-Bereich (Auswertung nur am Tag möglich), sowie im Wasserdampf-Spektrum. Als Ergebnisse, die für die Ausbreitungsrechnungen erforderlich sind, erhält man die Bewegungsabläufe in der Troposphäre, die Analyse der Wolkenform und -art oder etwas allgemeiner die Windkomponenten.

Meßverfahren SODAR

Das SODAR (**S**ONIC **D**etection **A**nd **R**anging) ist ein akustisches Sondierungsverfahren für den unteren Bereich der atmosphärischen Grenzschicht. Der Meßbereich umfaßt im wesentlichen die wichtigsten Schichten in der Grenzschicht (Prandtlschicht und Ekmannschicht). Das Doppler-SODAR (**Abbildung S-15**) nutzt die Rückstreuung von Schallwellen

(c = Schallgeschwindigkeit) an turbulenten Mikrostrukturen (z. B. Dichteunterschiede durch Temperaturgradienten) mit einer Frequenzverschiebung Δf durch bewegte Teilchen (Doppler-Effekt); dadurch können die Bewegungskomponenten der reflektierenden Teilchen bestimmt werden. Typische Werte sind ein Sendepuls von 0,1 s, eine Tonfrequenz f_s von 1–3 kHz, eine Sendeleistung von 10–100 W und eine Strahlbreite von 3–5 Grad. Typische Reichweiten sind 200–600 m Höhe, gemessen werden horizontale Windgeschwindigkeit, -richtung bzw. die Vertikalkomponente der Windgeschwindigkeit.

Meßverfahren: Wind – Profiler/RASS

Der Windprofiler basiert im Prinzip auf dem gleichen Verfahren wie das SODAR, nutzt jedoch zur Sondierung der Wellenausbreitung in der Atmosphäre das RADAR (**R**adiative **D**etection and **R**anging). Die Strahlrichtung ist nicht wie beim SODAR fest vorgegeben sondern ist variabel in Bezug auf die Azimutwinkel und positive Elevationswinkel.

Aus der Laufzeit erhält man die Entfernung des Targets, aus der Reflektivität die Größe und die Art des Targets und aus

dem Doppler-Effekt die Geschwindigkeitskomponenten des Targets. Schwenkt man den RADAR-Strahl, so erhält man einen dreidimensionalen Windvektor in verschiedenen Höhen.

Fügt man dem RADAR noch eine Schallquelle hinzu, so können periodische Schallmuster in die Atmosphäre gestrahlt werden; daraus läßt sich die Geschwindigkeit des sich in der Atmosphäre vertikal ausbreitenden Schalls messen; daraus kann über eine physikalische Grundgleichung die Temperatur abgeleitet werden. Dieses System nennt man RASS (Radio Acoustic Sounding System).

Meßverfahren: LIDAR

Das LIDAR (**L**ight **D**etection and **R**anging) ist ein prinzipiell dem RADAR ähnliches Verfahren, welches Lichtstrahlen mit einer Wellenlänge von ca. 1.000 nm bei einer Pulsdauer von ca. 4 ns mit einer Puls-wiederholung von 1/3 Hz aussendet. Damit ist ein vertikales Scanning von 4 Grad/s möglich mit einer Auflösung von ca. 500 Meßpunkten pro Puls. Gemessen werden können damit Konzentration von Aerosolen in der Abluffahne mit einer hohen Abtastrate.

Bewertung der Meßverfahren

Nachfolgend soll eine Bewertung der Meßverfahren unter besonderer Berücksichtigung der Belange eines Einsatzes von Ausbreitungsmodellen im Bereich des KFÜ durchgeführt werden.

Satelliten ermöglichen aufgrund ihrer stationären Position einen guten Überblick über makroskalige und mesoskalige Prozesse in der Troposphäre. Die zeitliche Auflösung von 15 Minuten sowie insbesondere die maximale räumliche Auflösung des Bildes von 10 km lassen eine Auswertung für den Nahbereich einer kerntechnischen Anlage nur sehr eingeschränkt zu.

Das SODAR wird stationär am Boden eingesetzt. Es ermöglicht die Bestimmung eines lokalen Windprofils mit einer räumlichen Auflösung Δz von ca. 20 m und einer zeitlichen Auflösung von mindestens 5 Minuten. Der technische Stand des Gerätes ermöglicht einen operationellen Einsatz mit hoher Verfügbarkeitswahrscheinlichkeit.

Der Wind – Profiler bzw. das RASS wird ebenfalls stationär eingesetzt. Es ermöglicht vertikale Messungen mit einer sehr guten räumlichen und zeitlichen Auflösung, ist allerdings deutlich wartungsintensiver als das SODAR und im Vergleich zu diesem deutlich teurer. Das LIDAR kann stationär oder auch auf einem Fahrzeug montiert eingesetzt werden. Es ermöglicht nur Aerosolmessung bei einer sehr guten zeitlichen und räumlichen Auflösung. Das LIDAR ist relativ kostengünstig.

Für den Einsatz von Ausbreitungsmodellen im Bereich des KFÜ sind nach dieser Bewertung das SODAR sehr gut geeignet; noch bessere Möglichkeiten liefert das RASS, welches jedoch aufgrund seiner hohen Kosten derzeit wohl nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden kann.

Anwendungsbeispiel

Anhand eines Anwendungsbeispiels soll die Möglichkeit der Fernerkundung mit einem SODAR gezeigt werden. Das Aufgabenziel ist eine Initialisierung von Strömungsmodellen, hier als Beispiel das Modell MCF, für den Einsatz in einem KFÜ-System bei gegliedertem Gelände.

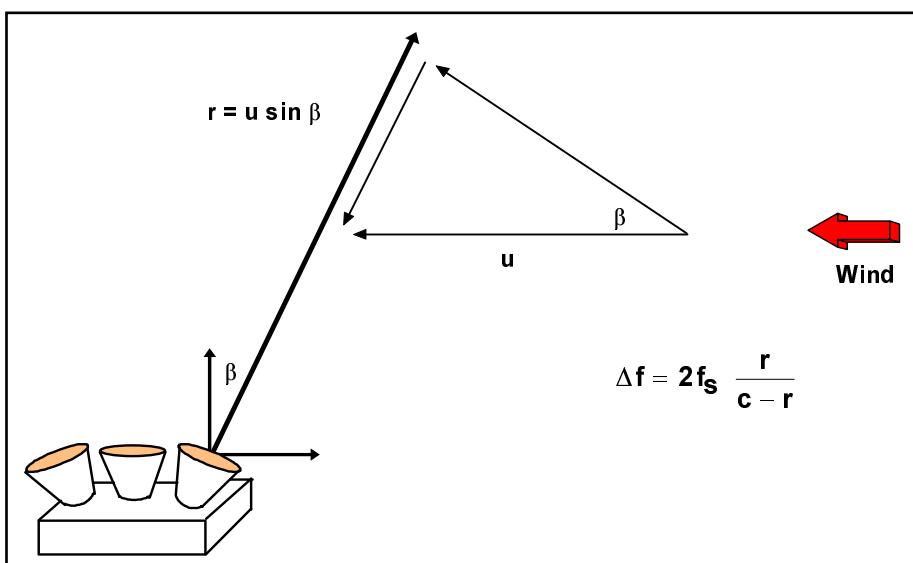


Abbildung S-15
Meßprinzip des Doppler-SODAR

Die Initialisierung wird ermöglicht durch die Messungen der primären ausbreitungsrelevanten Größen Windrichtung und -geschwindigkeit als Vertikalprofil mit dem SODAR, welches an der kerntechnischen Anlage eine Aussage über die lokalen meteorologischen Strömungsverhältnisse liefert. Andere Institutionen, z. B. der Deutsche Wetterdienst (DWD) können mit entsprechenden Modellen (GM, EM, DM) Aussagen der überregionalen Strömungsverhältnisse liefern (**Abbildung S-16**). Mit dem SODAR und den DWD-Modellaussagen ist es nun möglich, ein regionales Strömungsmodell zu betreiben, welches den lokalen Messungen genügt und konsistent mit den überregionalen Strömungsverhältnissen ist [1, 2].

- [1] Martens, R.; Thielen, H.; Sperling, T.; Maßmeyer, K.; Walter, H.

Validation of a mass consistent flow model as part of a decision support system.

Proceedings of the 5th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 18.–21. 05. 1998, Rodos, Griechenland.

- [2] Walter, H.

Present state of using SODAR within the German Remote Monitoring System for Nuclear Facilities; Report from „Fachgespräch SODAR“ München.

Proceedings of the 9th International Symposium on Acoustic Remote Sensing and Associated Techniques of the Atmosphere and Oceans (ISARS), 06.–10. 07. 1998, Wien.

Vergleich des deutschen Störfallmodells PARK mit dem französischen ASTRAL

R. Stapel, M. Bleher, E. Wirth

Nach einer unfallbedingten großräumigen Kontamination der Umwelt ist es notwendig, die radiologische Situation schnell zu erfassen und den zu erwartenden Verlauf der Radioaktivität in der Umwelt und die daraus resultierende Strahlenexposition des Menschen zu prognostizieren. Für diese prognostischen Betrachtungen

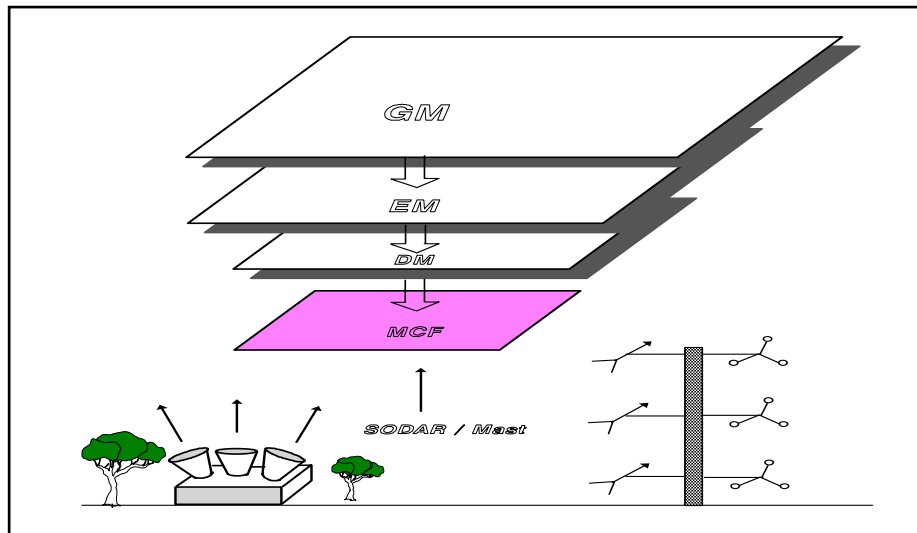


Abbildung S-16

Initialisierung von Strömungsmodellen (MCF) mit SODAR und DWD-Modellen

wurde in Deutschland das radioökologische Modell PARK und in Frankreich ASTRAL entwickelt. Sollten in einem Ereignisfall beide Länder von einer Kontamination betroffen sein, ist es wichtig, daß sich die Ergebnisse beider Modelle nicht widersprechen. Es wurde deshalb als sinnvoll angesehen, Vergleichsrechnungen mit beiden Modellen durchzuführen und die Ergebnisse zu analysieren.

In Szenarien wurde angenommen, daß Cs-137, I-131 und Sr-90 am 1. Juni bzw. 1. Oktober eines Jahres abgelagert werden. Als Ablagerung pro Flächeneinheit wurde eine Deposition durch trockene Ablagerung von jeweils 10 kBq/m² angenommen. Berechnet wurden die Aktivitäten von verschiedenen Gemüsesorten, Gras, Getreide, Kartoffeln, Kuhmilch und verschiedenen Fleischsorten. Ferner wurde die effektive Strahlenexposition durch Ingestion und durch externe Strahlung für die Zeiträume 3 Monate und 1 Jahr nach der Deposition berechnet.

Die Analyse der Ergebnisse zeigen, daß die Ergebnisse für pflanzliche Produkte recht gut übereinstimmen (**Abbildung S-17**). Abweichungen gab es lediglich bei Wurzelgemüse, für dessen Kontamination in ASTRAL kein spezielles Modell vorgesehen ist. Im Gegensatz zu PARK wird Wurzelgemüse in ASTRAL wie Fruchtgemüse behandelt.

Deutliche Unterschiede in der berechneten Aktivitätskonzentration ergaben sich bei tierischen Produkten, insbesondere bei Fleisch (**Abbildung S-18**). Die Unterschiede lassen sich durch verschiedene Annahmen zur Fütterung erklären. Während in ASTRAL davon ausgegangen wird, daß sich die Mastriinder das ganze Jahr über auf der Weide befinden, wird in PARK eine ganzjährige Stallhaltung mit Silomaisfütterung angenommen. Eine befriedigende Übereinstimmung der Ergebnisse wird dann erzielt, wenn die Annahmen über die Fütterungsmethoden harmonisiert werden.

Bei der Berechnung der Dosis für Erwachsene durch externe Strahlung wirken sich unterschiedliche Annahmen über die Aufenthaltsgewohnheiten im Freien und in Gebäuden aus. ASTRAL schätzt eine um etwa einen Faktor 2 höhere Jahresdosis durch externe Strahlung ab als PARK.

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, daß die Modellstrukturen und die verwandten Parameter zur Beschreibung des Radionuklidtransports in beiden Modellen gut übereinstimmen. Unterschiede in den Ergebnissen sind im wesentlichen durch unterschiedliche Annahmen über Erntezeiten, Tierfütterung und Lebensgewohnheiten des Menschen zurückzuführen. Diese unterschiedlichen Annahmen lassen sich durch verschiedene Zielset-

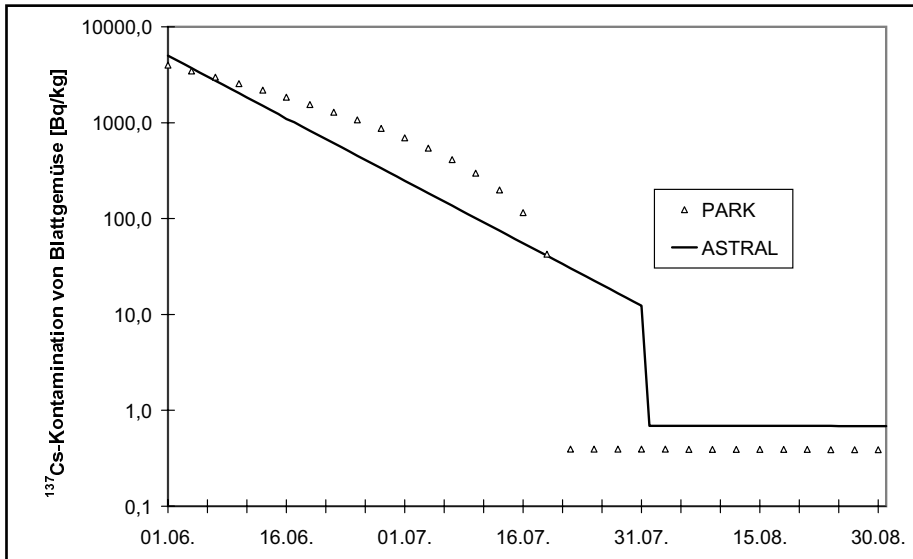


Abbildung S-17

Verlauf der Cs-137-Kontamination von Blattgemüse bei einer Deposition von 10 kBq/m^2 Cs-137 am 1. Juni.

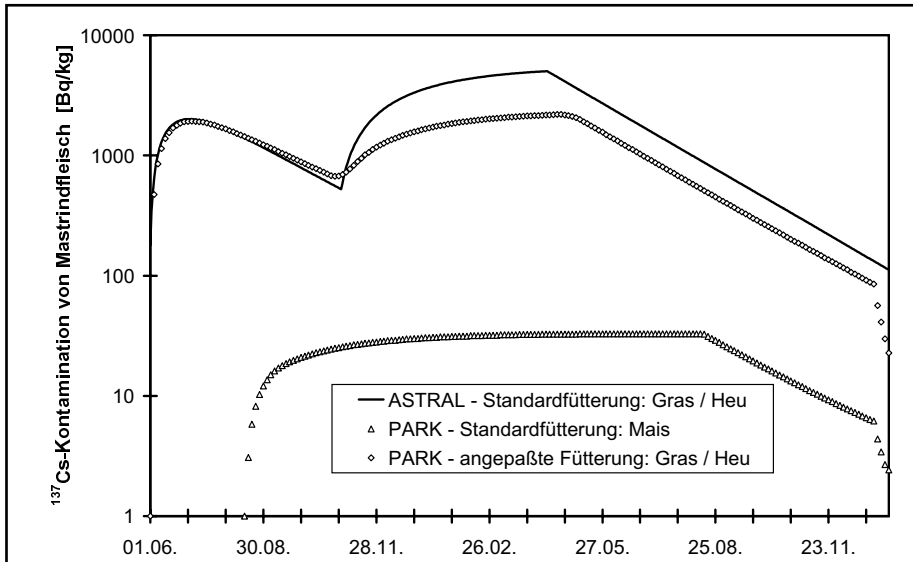


Abbildung S-18

Verlauf der Cs-137-Aktivität in Rindfleisch bei der Annahme von verschiedenen Fütterungsmethoden

Thermolumineszenz-Dosimetrie an Ziegeln aus der Umgebung des Testgebiets bei Semipalatinsk

L. Heide, A. Dalheimer

In den Jahren von 1949 bis 1989 war die Region westlich von Semipalatinsk nukleares Testgebiet. Es kam dort zu insgesamt 459 nuklearen Explosionen, von denen 87 atmosphärisch, 26 überirdisch und 346 unterirdisch waren. Dabei kommen auf das Jahr 1949 allein 80 % der Fallout-Dosis. Aufgrund der damals herrschenden ungünstigen Wetterbedingungen wurde die Bevölkerung hohen Kontaminationen und Strahlenbelastungen ausgesetzt. Heute, fast 50 Jahre nach der ersten Explosion, ist die Ortsdosisleistung auf etwa $0,1 \mu\text{Sv/h}$ abgeklungen.

Zur Abschätzung der externen Strahlenbelastung der Bevölkerung ist die retrospektive Dosiermittlung an Umgebungsmaterialien mittels Messung der Thermolumineszenz (TL) ein maßgebliches Verfahren. Es wurde daher an sechs Ziegelsteinen – vier aus exponierten Gebieten des Altai, einer aus Semipalatinsk und einer aus Dolon in Kasachstan – die TL gemessen. Früheren Untersuchungen an Ziegeln zufolge [1, 2] liegen die Dosiswerte dort zwischen $<0,1 \text{ Gy}$ und etwa $1,1 \text{ Gy}$.

Das Prinzip der TL-Dosimetrie wurde bereits in den BfS-Jahresberichten 1995 und 1997 beschrieben. Für die Probenaufbereitung wurde wieder die Feinkorn-Technik angewendet und zur Rekonstruktion der Dosis die TL-Messung nach der additiven Dosis-Methode ermittelt. Von jedem Ziegel wurde jeweils ein Segment von der Frontseite und von der Rückseite untersucht, um aus den beiden Werten gegebenenfalls eine erste grobe Abschätzung der Dosis zu bekommen.

Zur Ermittlung der natürlichen Altersdosis (D_{Age}) wurde in der Umgebung der Ziegel die Gamma-Ortsdosisleistung gemessen und der Gehalt in den Ziegeln an natürlichen Radionukliden gamma-spektrometrisch bestimmt. **Tabelle S-16** enthält die Beschreibung der Ziegel. Mit Ausnahme

zungen beider Modelle erklären. Während bei der Entwicklung von PARK eine möglichst realistische Abschätzung der zu erwartenden Dosis angestrebt wurde, zielt ASTRAL vor allem darauf ab, die Notwendigkeit von Maßnahmen zu erkennen. Das

Beispiel des Aktivitätsverlaufs in Rindfleisch steht stellvertretend für diese unterschiedliche Zielsetzung. Um beiden Aspekten gerecht zu werden, ist eine weitere Flexibilisierung beider Modelle anzustreben.

von Ziegel Nr. 2 war das Alter der Proben bekannt. Die Probenahmeorte und somit die Entfernung zum Testgebiet ist den Autoren bei den Ziegeln Nr. 1 bis 4 nicht bekannt, da die Proben von einer anderen Arbeitsgruppe genommen wurden.

Die Dosiswirkungskurven der Ziegel zeigten eine lineare Dosisabhängigkeit der TL-Intensität im untersuchten Bereich, was die Eignung des Materials zur Dosirekonstruktion bestätigt. Nach Bestimmung der gesamten akkumulierten Dosis (D_{TL}) wurde die Fallout-Dosis ($D_{Fallout}$) nach der Formel

$$D_{Fallout} = D_{TL} - D_{Age}$$

ermittelt. Die Ergebnisse sind in der **Tabelle S-17** aufgeführt. Eine vergleichende Betrachtung der Ergebnisse (**Abbildung S-19**) mit den von Gordeev et al. [1] und Takada et al. [2] gefundenen Werten zeigt, daß die externe Dosis im erwarteten Bereich liegt. Die höchsten Werte wurden in Semipalatinsk und Dolon mit etwa 0,46 Gy bzw. 0,34 Gy gefunden. Abschließend muß noch bemerkt werden, daß die Probenahme mit der Auswahl von Ecksteinen (**Tabelle S-16**) nicht optimal erfolgte. Da diese von zwei Seiten exponiert sind, ist die Tiefenverteilung der Dosis nicht zu ermitteln. Der Probenahmeplan wird künftig entsprechend ergänzt werden.

[1] Gordeev, K. I., Grinev, M. P., Kiselev, V. I., Kleschenko, E. D., Kushnereva, K. K., Molin, A. A., Tscherkashina, O. V. Instrumental methods of retrospective reconstruction of territorial radiological situation and personal doses of the Altai region population (russisch) Bulletin of the Scientific Research Program Semipalatinsk Nuclear Test Site-Altai 1 (1995) 80–91

[2] Takada, J., Hoshi, M., Endo, S., Yamamoto, M., Nagatoma, T., Gusev, B. I., Rozenson, R. I., Apsalikov, K. N., Tchajjunusova, N. J. Thermoluminescence dosimetry of gamma rays from the fallout of Semipalatinsk nuclear tests

In:

Effects of low level radiation for residents near the Semipalatinsk nuclear test site. Proceedings of the second Hiroshima International Symposium; Hiroshima July 23–25, 1996 (1997) 195–199

Probe Nr.	Ort, Region	Entfernung zum Testgebiet km	Lage des Ziegels	Höhe über Grund m	Alter des Objekts a	Gamma- Ortsdosis- leistung $\mu\text{Sv/h}$	Alpha- Dosis- leistung mGy/a	Beta- Dosis- leistung mGy/a	kosmische Dosis- leistung mGy/a	natürliche Dosis- leistung mGy/a	Alters- dosis Gy
1	Altai	?	Ecke, Mauer- vorsprung	1,0	71	0,13	0,34	1,94	0,28	3,69	0,26
2	Altai	?	umgestürzte Mauer	0,1	(*)	0,14	0,47	1,86	0,28	3,84	0,27
3	Altai	?	Hausecke	0,6	67	0,12	0,01	1,75	0,28	3,09	0,21
4	Altai	?	Mauer, 1.Reihe	1,0	93	0,12	0,22	1,90	0,28	3,45	0,32
5	Semipalatinsk, Kasachstan	160	Hausecke	1,6	63	0,10	0,37	2,08	0,28	3,61	0,23
6	Dolon, Kasachstan	95	Hausecke überdacht verputzt	1,0	79	0,07	0,34	2,20	0,28	3,43	0,27

(*) Das Alter wurde auf 70 Jahre geschätzt.

Tabelle S-16

Probenahmeorte, Beschreibung der Ziegel, Komponenten der natürlichen Dosisleistung und Altersdosis

Ziegel Nr.	Frontseite			Rückseite	
	Altersdosis D_{Age}	Gesamtdosis D_{TL}	Fallout-Dosis $D_{Fall-out}$	Gesamtdosis D_{TL}	Fallout-Dosis $D_{Fall-out}$
	Gy	Gy	Gy	Gy	Gy
1	0,26	0,46	0,20	0,37	0,11
2	0,27	0,26	0,0	0,27	0,0
3	0,21	0,29	0,08	0,33	0,12
4	0,32	0,47	0,15	0,46	0,14
5	0,23	0,69	0,46	0,64	0,41
6	0,27	0,61	0,34	0,61	0,34

Tabelle S-17

Die Fallout-Dosis der Ziegel aus dem Altai und Kasachstan ermittelt durch Subtraktion der Altersdosis von der Gesamtdosis

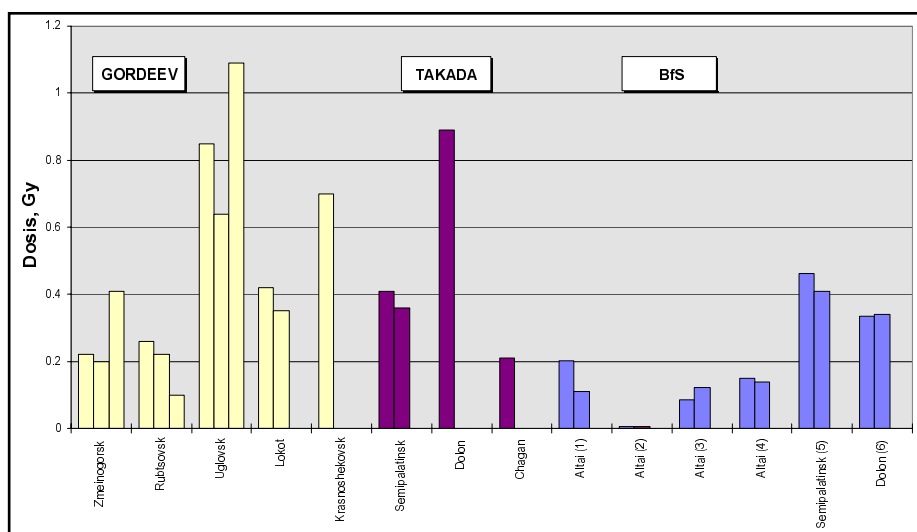


Abbildung S-19

Mittels TL-Messungen an Ziegelsteinen aus dem Altai und Kasachstan von Gordeev [1], Takada [2] und BfS rekonstruierte Dosen (Fallout-Dosen)

Handlungsabläufe in der ZdB im Falle eines kerntechnischen Unfalls

M. Werner, M. Bleher, R. Stapel, J. Peter

Das Alarmhandbuch des BfS sieht für die Zentralstelle des Bundes zur Überwachung der Umweltradioaktivität (ZdB) im Falle eines kerntechnischen Unfalls detaillierte Anweisungen für die Handlungsabläufe und die zugrundeliegende Organisationsstruktur vor.

Zur schnellen Reaktion auf radiologisch bedeutsame Ereignisse wurde eine ständige Rufbereitschaft eingerichtet. Diese besteht aus jeweils 3 Mitgliedern des ISH, die 24 Stunden pro Tag an allen Werk-, Sonn- und Feiertagen über Handy bzw.

einen City-Ruf-Empfänger erreichbar sind. Die Alarmierung erfolgt direkt durch das BMU oder durch das IAR.

Der Zugang zum ISH und die Aufnahme des Alarmierungsbetriebes in der ZdB innerhalb einer Stunde ist stets gewährleistet. Die Aufgaben der Rufbereitschaftsmannschaft umfassen den Aufbau einer Alarmorganisation und die Inbetriebnahme des radiologischen Entscheidungshilfesystems (PARK). Im einzelnen kommen den drei Mitarbeitern folgende Aufgaben zu:

- Der erste Diensthabende alarmiert den Instituts- und den Abteilungsleiter, die in der Alarmorganisation den Führungsstab bilden und die beiden Kollegen der Rufbereitschaftsmannschaft. Er startet das PARK-System.

- Der zweite Diensthabende erstellt Darstellungen aus dem IMIS-Bereich, z. B. Trajektorien und Übersichtskarten über die vom DWD prognostizierte Kontamination der Bodenoberfläche. Zusammen mit dem ersten Diensthabenden stellt er die für eine Lagedarstellung notwendigen Informationen zusammen.
- Der dritte Diensthabende stellt die Funktionsfähigkeit der Informationstechnik sicher. Zusammen mit den beiden anderen nimmt er die Aufgaben der Alarmorganisation wahr, bis diese entsprechend den Vorgaben des Alarmhandbuches aufgebaut ist. Insbesondere muß in dieser ersten, kritischen Phase das für die Arbeits- und Unterstützungsstäbe notwendige Personal telefonisch ins Institut bestellt werden. Im Ereignisfall muß man damit rechnen, daß nur ein Teil der Institutsmitarbeiter telefonisch erreichbar ist.

Die Alarmorganisation wird unter der Leitung des Führungsstabs zusammengestellt. Sie setzt sich aus drei Arbeitsstäben und entsprechenden Unterstützungsdiensten zusammen (siehe **Abbildung S-20**).

- Der Arbeitsstab „Radiologische Lagedarstellung und Maßnahmevorschläge“ stellt zusammen mit einem Unterstützungsdienst die Lage fest und bewertet sie. Er erarbeitet Vorschläge für Maßnahmen zur Reduktion der Strahlenexposition, die vom Führungsstab an das BMU zur Entscheidung weitergeleitet werden.
- Der Arbeitsstab „IT-Technik“ stellt die Funktionsfähigkeit sämtlicher IT-Komponenten sicher und berät den radiologischen Arbeitsstab bei deren Einsatz.
- Die Arbeitsgruppe „Information/Dokumentation“ übernimmt die Steuerung und Dokumentation der Ein- und Ausgänge von Informationen, die nicht im IMIS-System übertragen werden. Sie dokumentiert Beratungsergebnisse und Texte für die Beweissicherung und sichert die ständige Verbindung der beteiligten Organisationseinheiten.

Die Komplexität der bei einem nuklearen Unfall durchzuführenden Arbeiten erfordert von allen Beteiligten umfangreiches Wissen und ständiges Training. Dies wird

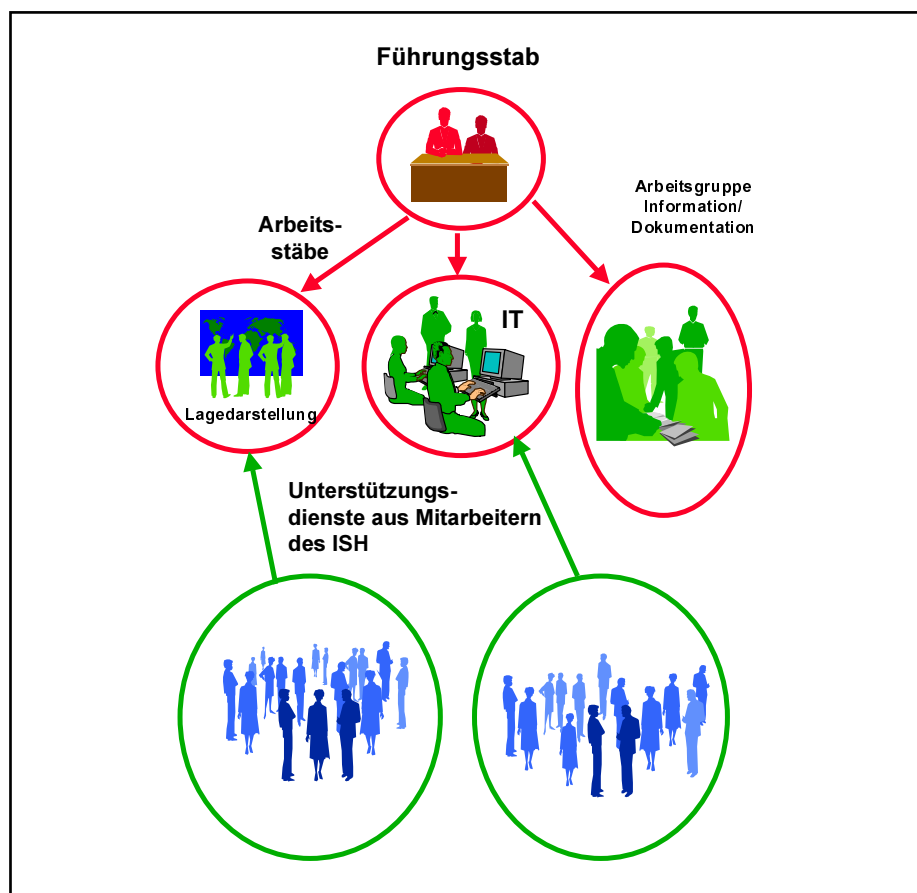


Abbildung S-20
Struktur der Alarmorganisation der ZdB im Ereignisfall

durch Schulungen und periodische interne Alarmierungsübungen gewährleistet. Das Bewußtsein über die Verantwortung bewirkt bei den Betroffenen eine hohe Motivation und Einsatzbereitschaft. Die Arbeitsmittel der Rufbereitschaftsmannschaft, d. h. die Kommunikationseinrichtungen, die Entscheidungshilfesysteme, die Übungsszenarien und die schriftlichen Unterlagen müssen stets aktualisiert und weiterentwickelt werden.

1998 wurden vier interne Alarmierungsübungen an Wochenenden durchgeführt. Dabei werden alle erforderlichen Tätigkeiten mit simulierten realistischen Unfallszenarien von der Rufbereitschaftsmannschaft geübt. Der erfolgreiche Verlauf dieser Übungen demonstriert, daß die ZdB für nukleare Notfälle gut vorbereitet ist.

Bundesweite IMIS-Übung im § 3-Bereich

L. Hornung-Lauxmann, M. Hermann

Im September 1998 wurde die erste bundesweite IMIS-Übung zur Probenentnahme, Messung, Datenerfassung, -übermittlung und Lagedarstellung vorbereitet und koordiniert. Mit der Übung sollten Erfahrungen in der Organisation von realitätsnahen Probenentnahmen und der zahlreich durchzuführenden Messungen im Labor sowie der Erstellung von Lagedarstellung mit IMIS gewonnen und mögliche Probleme aufgezeigt werden. Außerdem sollte die zeitgerechte und den Vorgaben des Intensivmeßprogramms genügende Datenerfassung, -übermittlung, -prüfung und -freigabe verifiziert werden.

Die Übung fand am 14. und 15. September 1998 statt. Teilgenommen haben alle Bundesländer – Hessen, wo wenige Monate vorher bereits eine derartige Übung durchgeführt wurde, beteiligte sich nur mit In-situ-Messungen – sowie die Leitstellen Bundesanstalt für Milchforschung, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Fachbereich Strahlenschutz (Fachgebiet Immissionen), IAR, das BMU und die ZdB. An der Übung nahmen Vertreter aller Fachgebiete der ZdB teil. Am 14. September

gegen 8:00 Uhr wurde das IMIS-System vom BMU in den Intensivbetrieb versetzt. Insbesondere sollten Umweltbereiche gemäß Phase 1 des Intensivmeßprogramms von den Ländern beprobt werden: Milch, Weide- und Wiesenbewuchs, Blattgemüse, Boden In-situ, Oberflächen-, Trink- und Reinwasser, Obst, Getreide. Zudem wurden Fleisch- und Fischproben gemessen, um auch denjenigen Meßstel-

len Gelegenheit zur Teilnahme an der Übung zu geben, die ausschließlich diese Umweltmedien überwachen. Es wurden keine gespickten Proben versandt. Die Probenentnahme erfolgte vorwiegend an den im Routinemeßprogramm festgelegten Orten durch Landesmeßstellen oder externe Probenehmer. Anschließend wurden die Proben gammaspektrometrisch gemessen, die Meßergebnisse in IMIS einge-

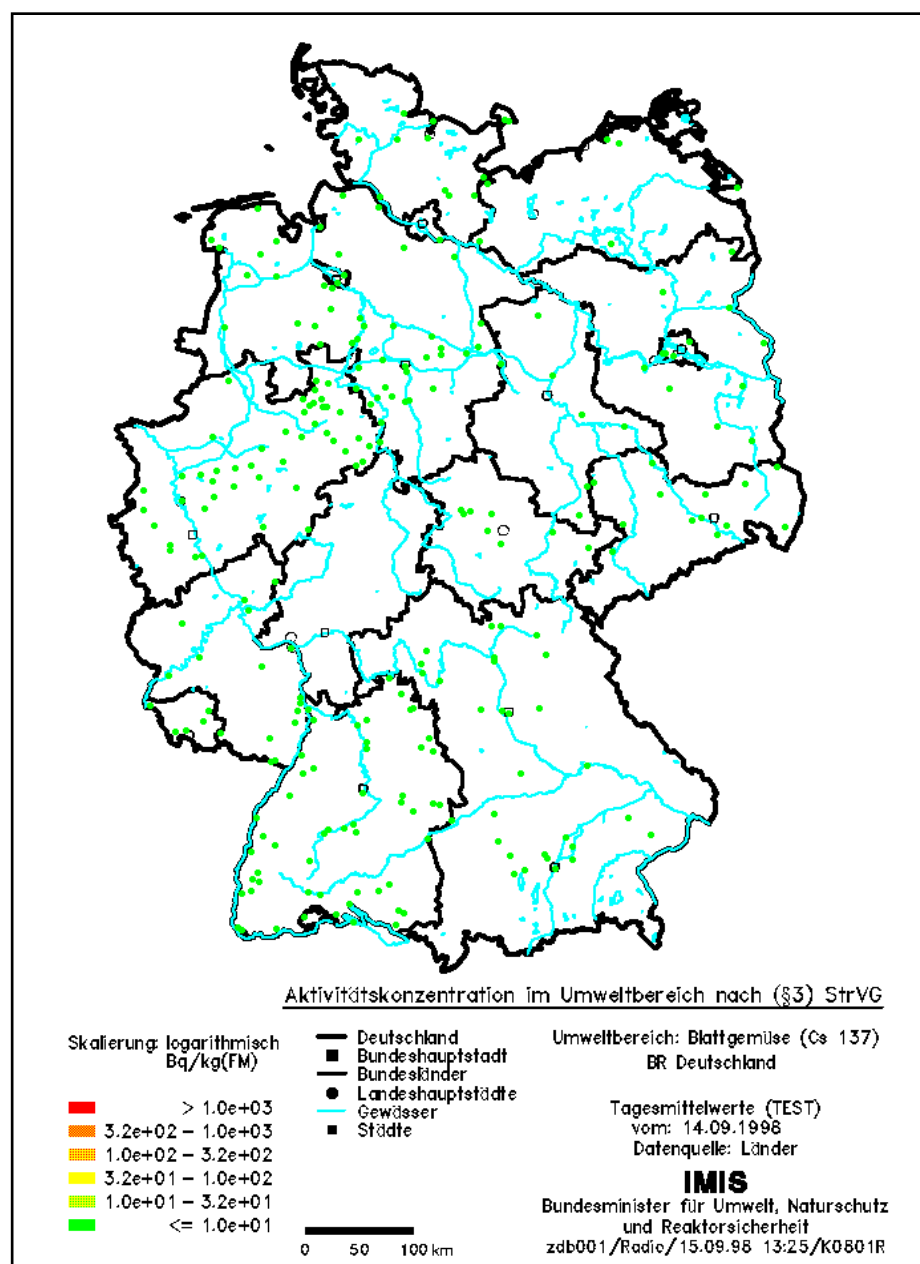


Abbildung S-21

Aktivitätskonzentration in Blattgemüse, Werte vom 14. 09. 1998

geben und zur Landesdatenzentrale versandt. An den beiden Tagen wurden insgesamt ca. 2500 Proben gemessen und 92 In-situ-Messungen durchgeführt. Bei den Laborproben betrug die Meßzeit 15 bis 20 Minuten. Die Landesdatenzentralen wurden gebeten, die Proben mit ihrem Status zu versehen, um den weiteren Versand zu beschleunigen. Von den Leitstellen wurden die Meßwerte synoptischen Plausibilitätsprüfungen unterzogen und der dazugehörige Status vergeben. Im BMU wurden die plausiblen Daten freigegeben. Die ZdB erstellte schließlich Lage Darstellungen, Karten und Dokumente zu den Aktivitätskonzentrationen in den verschiedenen Umweltbereichen für den jeweiligen Übungstag. Ein Dokument bestand aus je einer Karte der Aktivitätskonzentrationen von K-40 und Cs-137 eines Umweltbereiches und einer kurzen Lagebeurteilung (vgl. **Abbildung S-21**). Die Dokumente wurden über IMIS an das BMU versandt, dort geprüft und freigegeben, und schließlich von der ZdB an die Länder verschickt. Die Übung endete am 15. September gegen 15:30 Uhr mit der Rücknahme des Intensivbetriebs in IMIS durch das BMU, alle begonnenen Arbeiten wurden jedoch noch zu Ende geführt.

Der Übungsverlauf wurde grundsätzlich positiv beurteilt. Da die Proben nicht mit künstlicher Radioaktivität versehen waren,

bestanden die Meßergebnisse bezogen auf Cs-137 meist nur aus Werten kleiner Nachweisgrenze. Wegen der kurzen Meßzeit war diese teilweise sehr hoch. Der Prozeß des Einlesens von § 3-Daten in die Datenbank der ZdB wurde, wie im Vergleich zu früheren Übungen deutlich wird, durch zwischenzeitlich durchgeführte Soft- und Hardwareänderungen wesentlich beschleunigt (vgl. **Abbildung S-22**). Nur vereinzelt traten Verzögerungen beim Rechnerbetrieb infolge Überlastung auf. Von mehreren beteiligten Stellen wurde eine nicht angekündigte Übung gewünscht, um unter noch realistischeren Bedingungen Erfahrungen sammeln zu können. Im Jahr 1999 wird voraussichtlich die nächste § 3-Übung stattfinden – ohne weitere Vorankündigung.

PC-Programmsystem zur IMIS-kompatiblen Erfassung und Auswertung von REI-Daten

L. Hornung-Lauxmann, M. Hermann, S. Sammet

Zur IMIS-kompatiblen Erfassung von REI-Daten und zur automatischen REI-Berichterstellung für Nutzer ohne IMIS-Zugang – unabhängige amtliche REI-Meßstellen

und Aufsichtsbehörden der Länder, Genehmigungsinhaber und Forschungsinstitutionen – wurde im Rahmen eines BMU-Forschungsvorhabens das bundesweit einsetzbare PC-Programmsystem „REA-Bund“ (**R**adioaktivitätsmeßdaten-**E**rfassungs- und -**A**uswertesystem) auf der Basis eines bereits bei den Betreibern kerntechnischen Anlagen Bayerns eingesetzten Programmes entwickelt. Das Software-Entwicklungsprojekt beschränkte sich bisher auf die Verarbeitung von nach REI erhobener Immissionsdaten. Die standardisierte Verarbeitung von Emissionsdaten soll in der nächsten Ausbaustufe erfolgen.

Eine erste Bundesversion von REA („REA-Phase 1“) wurde im Frühsommer an 55 REA-Nutzer aus Bund und Ländern ausgeliefert; dort wird der Prototyp seitdem erprobt. Die dabei festgestellten Mängel und Änderungswünsche wurden in der 2. Entwicklungsphase von REA weitestgehend berücksichtigt. „REA-Phase 2“ steht derzeit kurz vor der Fertigstellung. Nach Durchführung des Funktionstests und des 2. REA-Nutzertreffens noch in diesem Jahr wird das REA-Programm den Nutzern zur Verfügung gestellt.

REA besteht aus den Programmteilen REA-UKA zur Umgebungsüberwachung im bestimmungsgemäßen Betrieb, REA-STÖRFALL für den Störfall-Betrieb und REA-StrVG zur Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität.

Dem Programmteil REA-UKA liegen feste Meßprogramme zugrunde. Damit können Eingabefelder bereits vorbelegt und bei der Erfassung nur noch die variablen Daten eingegeben werden. Außerdem lassen sich REI-konforme Quartals- und Jahresberichte automatisch erstellen, nach Excel zur weiteren individuellen Bearbeitung exportieren sowie im Postscript-Format abspeichern, um in IMIS importiert und im IMIS-Intranet bundesweit bereitgestellt werden zu können.

In REA-STÖRFALL lassen sich neben vor-geplanten Probenentnahmen beliebig viele Spontanproben in den einzelnen Zonen und Sektoren der Umgebung einer kerntechnischen Anlage erfassen und auswerten.

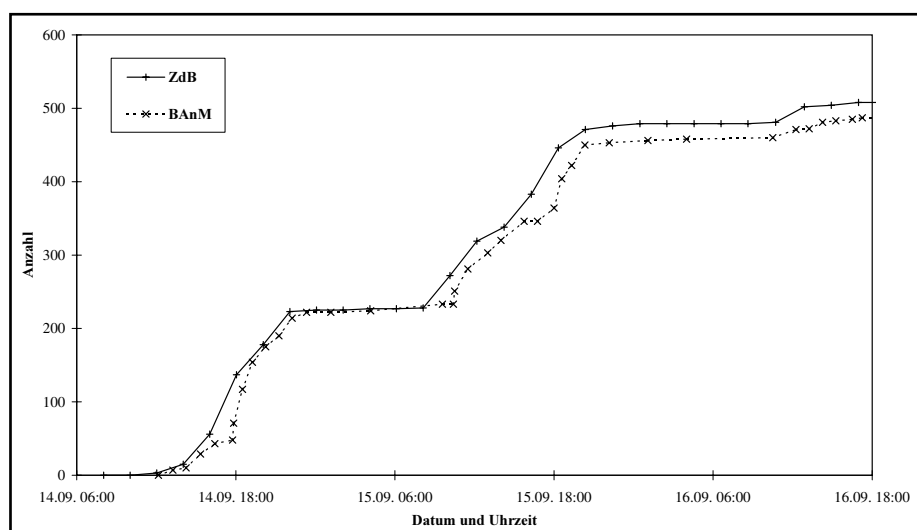


Abbildung S-22

Eingang von Proben bei der ZdB und bei der BA nM (nur Grünfütter)
(bei der BA nM wurde der Eingang von ca. 30 Proben nicht erfaßt)

REA-StrVG ist für Bedarfsträger aus dem Hochschulbereich und aus Forschungsinstituten geeignet, die hauptsächlich Spontanproben erfassen und auswerten.

Die wesentlichen Funktionalitäten von REA umfassen

- Erstellung von Meßprogrammen (mit REA-UKA und REA-Störfall),
- Proben anlegen und erfassen im IMIS-Datenformat,
- (REI-) Berichte erstellen (als Postscript-File u. Excel-kompatibel),
- Statusvergabe bei Meßstellen und Aufsichtsbehörden,
- Stammdatenpflege,
- Meßdaten im IMIS-Datenformat ex- und importieren (über DFÜ oder Diskettenlaufwerk),
- Stammdaten im „CSV“-Format ex- und importieren, (über DFÜ oder Diskettenlaufwerk),
- Kommunikation mit laboreigenen Meßplatzrechnern über eine Schnittstelle im B3H-Format,
- Moderne Benutzerführung (hinterlegte Auswahllisten für alle Selektionen),
- Mehrbenutzerfähigkeit.

Falls Landesaufsichtsbehörden ebenfalls über ein REA-System verfügen, können die importierten Meßdaten somit informationstechnisch gesichtet, freigegeben und weiter ausgewertet werden. Dies hat zudem den Vorteil, daß den Aufsichtsbehörden neben den REI-Berichten auch Meßdatensätze mit der vollständigen Information über die Proben vorliegen.

In einem weiteren Schritt ist die Zusammenführung von Emissions- und Immissionsdaten insbesondere unter dem Gesichtspunkt der einheitlichen Emissionsberichterstattung sowie der Möglichkeit des bundesweiten Austausches aller REI-Berichte über IMIS geplant. Als einheitliche Datenschnittstelle für die kontinuierlich erhobenen Emissionsdaten wird das für diesen Zweck noch zu modifizierende „Internationale Datenaustauschformat (IDF)“ vorgeschlagen, das bereits beim Austausch von KFÜ-Daten der Länder und ODL-Daten des BfS-Meßnetzes verwendet wird.

Zur Implementierung einer solchen Schnittstelle und zur Bereitstellung der Funktionalität „Erstellung einheitlicher REI- bzw. KTA-konformer Emissionsberichte“ in REA wurde beim BMU für 1999 eine Verlängerung des Forschungsvorhabens beantragt.

Die Migration von IMIS

H. Leeb, G. Agthe, P. Bieringer, R. Buzin, B. Daschner, D. Helms, C. Höbler, E. Höller, K. Jung, J. Lieser, K. Pahl, M. Neumann, U. Taphorn, W. Weiss, U. Wiechmann

Die Arbeiten für die Umstellung des integrierten Meß- und Informationssystems

zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) auf eine aktuelle Systemplattform, die bereits im Jahr 1997 mit der Erstellung der Fachlichen Feinkonzepte im § 2-Bereich und dem Test eines Prototypen in eine konkrete Phase getreten sind, wurden im Jahr 1998 fortgesetzt. Unberührt von der Migration sind die Meßnetze im § 2-Bereich und die Datenerfassung durch die Länder. Auch die Funktionalität des bestehenden IMIS wird weitgehend beibehalten.

Folgende Einzelergebnisse sind besonders hervorzuheben:

Der im Vorjahr begonnene Prototypentest auf Basis einer Klient-Server-Struktur wurde erfolgreich zu Ende geführt. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

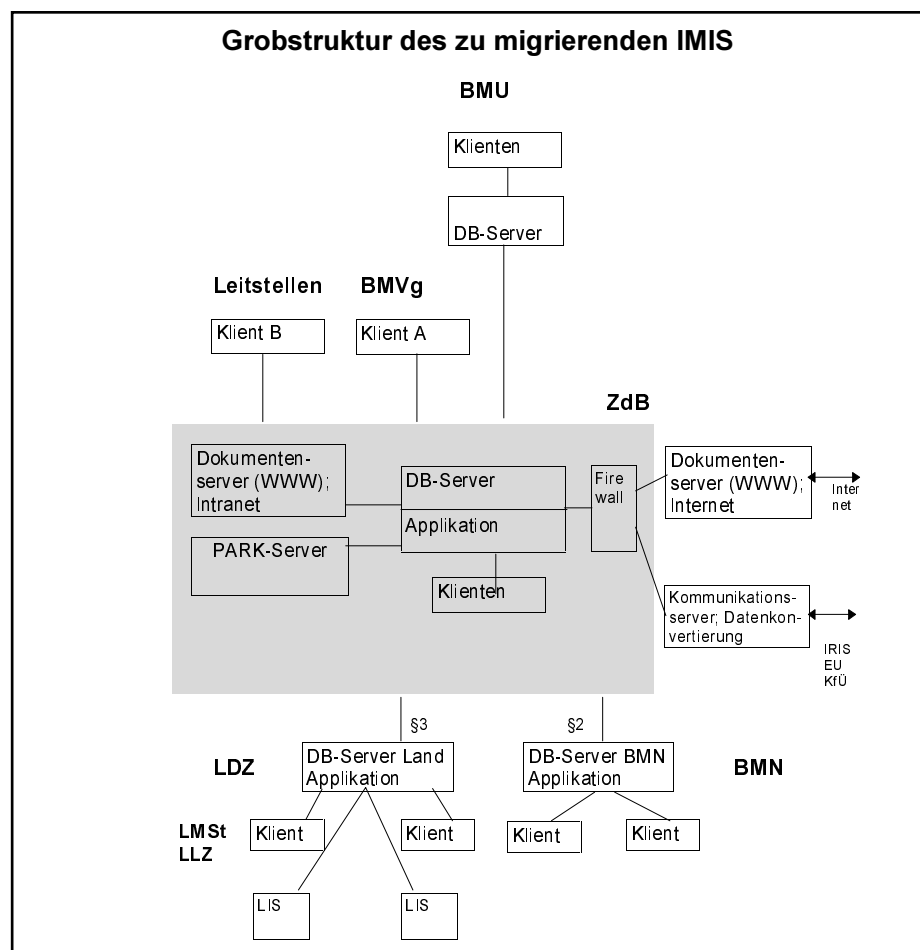


Abbildung S-23
Grobstruktur des zu migrierenden IMIS

- Das Antwortzeitverhalten bei der Erzeugung von IMIS-Darstellungen wurde gemessen und hat sich als gut erwiesen. Insbesondere sind die Datenbankzugriffe ca. 11 mal schneller als auf der derzeitigen Plattform.
- Die Replikationsverfahren Read-Only-Snapshot und Updatable Snapshot wurden getestet und im Hinblick auf das Zeitverhalten gemessen. Die dabei ermittelten Zeiten waren ausreichend für das neue IMIS.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß sich die Konzeption des neuen IMIS aufgrund der Prototypentests als tragfähig erwiesen hat. Die mit dem Prototypen gewonnenen Erkenntnisse waren wertvoll bei der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen.

Die fachlichen Anforderungen an das migrierte IMIS wurden mit den beteiligten Bundes- und Länderbehörden abgestimmt und in einem Fachlichen Feinkonzept (FFK) detailliert beschrieben. Es ergeben sich aus Anwendersicht folgende wesentlichen Verbesserungen:

- Erweiterung der Darstellungsmöglichkeiten
- Einbeziehung von Daten aus KfÜ-Systemen und der REI
- Online-Information der Öffentlichkeit über Internet
- Informationsaustausch mit anderen Staaten
- Verbesserung der Benutzungsoberfläche
- Verbesserung des Laufzeitverhaltens.

Die IT-technischen Anforderungen wurden vervollständigt, abgestimmt und in einem IT-technischen Grobkonzept zusammengefaßt. Es ergeben sich folgende Verbesserungen:

- Gegenüber der bisherigen monolithischen Struktur wird eine Klient-Server-Struktur realisiert, wobei die Aufgaben je nach Zweckmäßigkeit auf Server, die allgemein benötigte Dienste bereitstellen, und Klienten für individuelle Anwendungen verteilt werden. Eine typische Serveranwendung ist die Datenhaltung in einem Datenbanksystem. Als Betriebssystem kommt ein UNIX-Derivat oder Windows NT in Betracht. **Abbildung S-23** gibt einen Überblick über die IT-Struktur des künftigen IMIS.
- Einsatz von Replikationstechniken für die Datenübertragung. Dabei wird das bisher eingesetzte Datenbanksystem ORACLE beibehalten. Die Datenbankstruktur wird im wesentlichen beibehalten, muß aber den geänderten fachlichen Anforderungen und den Erfordernissen der Replikation angepaßt werden.
- Zur Minimierung des individuellen Programmier- und des Schulungsaufwandes werden verstärkt Standardsoftwareprodukte eingesetzt. Dies gilt neben dem Betriebs- und Datenbanksystem insbesondere für die Visualisierung und die Bürokommunikation.
- Den gestiegenen Anforderungen an die Integrität, Verfügbarkeit und Vertraulichkeit der Daten wird verstärkt Rechnung getragen.

Es wurde eine Bewertungskommission eingerichtet, deren Aufgabe die Festlegung und Gewichtung der Bewertungskriterien und die Bewertung der Angebote ist. Dieser gehören neben Vertretern des BMU und des BfS auch Vertreter aus dem Länderbereich und des BMV an. Die Bewertungskommission hat mittlerweile die Bewertungskriterien für den Teilnahmewettbewerb und die Ausschreibung festgelegt.

Im März 1998 erfolgte eine Veröffentlichung im Amtsblatt der EU, mit der interessierten Firmen das Projekt vorangekündigt wurde. Anfang Oktober wurde der

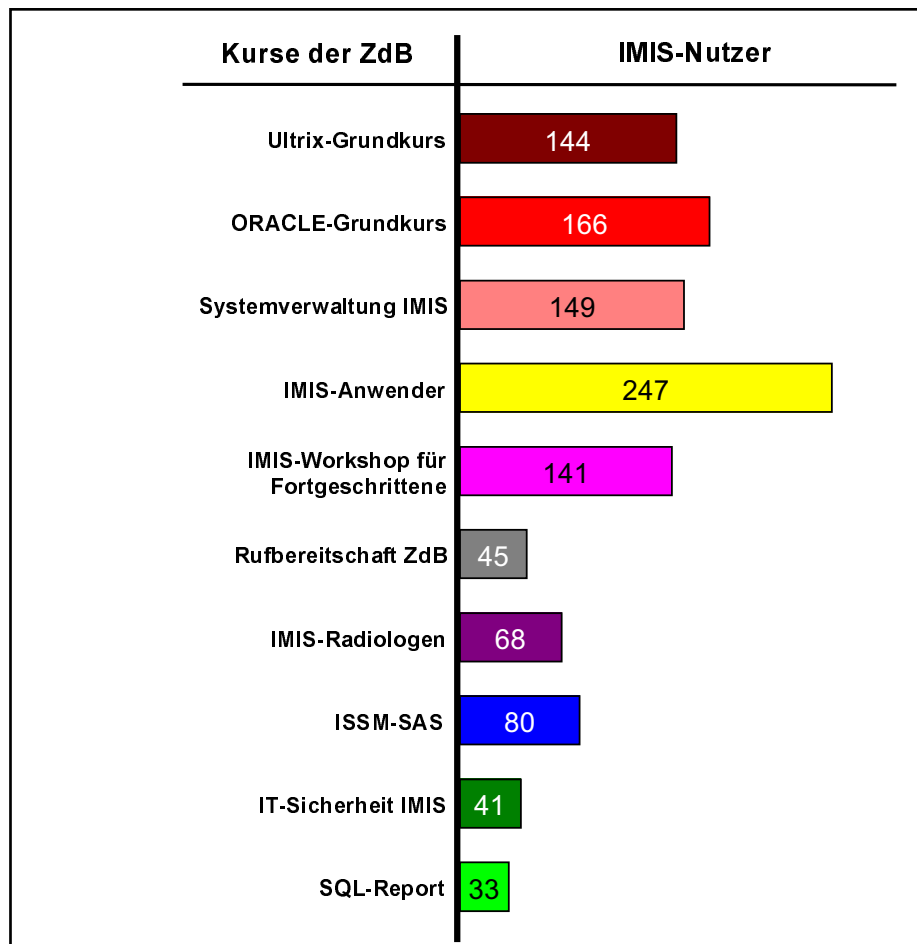


Abbildung S-24

Durchgeführte Schulungen bis einschließlich 1998

Teilnahmewettbewerb gestartet. Daraufhin bewarben sich 30 Firmen für die beschränkte Ausschreibung. Anhand der von der Bewertungskommission festgelegten Kriterien wurden im Dezember 1998 sieben Firmen zur Abgabe eines Angebots aufgefordert. Die Angebotsfrist läuft bis März 1999.

IMIS-Schulungen

D. Helms, E. Höller, U. Wiechmann, H. Kett

Entsprechend dem Schulungskonzept wurden im Jahr 1998

- 2 ULTRIX-Grundkurse
- 3 ORACLE-Grundkurse
- 2 IMIS-Systemverwalter/Systembenutzer-Kurse
- 5 IMIS-Anwenderkurse
- 4 IMIS-Workshops für Fortgeschrittene
- 2 Mosaic, XV und HTML und
- 3 Radiologen-IMIS-Kurse

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 sind.

Einen Überblick über die bisher durchgeführten Schulungsmaßnahmen und über die Anzahl der daran teilgenommenen IMIS-Nutzer ergibt die Übersichtsdarstellung „Schulungen“ (**Abbildung S-24**).

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.

1998 wurde eine Tagung der IMIS-Benutzergruppe vom 17.–18. September in Jena bei der Thüringischen Landesanstalt für Umwelt (THLU) durchgeführt.

Datenbankverwaltung

U. Wiechmann

Im Zusammenhang mit der Migration des IMIS-Systems erfolgte bei der ZdB die Umstellung der Prototyp-Datenbank von Version 7 auf Version 8.

Den Arbeitsschwerpunkt im Jahr 1998 bildete die Dokumentation des IMIS-Datenmodells.

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, wurde im Jahr 1998 durchgeführt:

- 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). Desweiteren erhielten die Nutzer Unterstützung bei der individuellen Auswertung des Datenbestandes entsprechen den landesspezifischen Erfordernissen. Darüber hinaus wurde eine ständige Marktbeobachtung der im Datenbankbereich verfügbaren Tools durchgeführt. Im Schulungsbereich wurden von der Datenbankadministration drei SQL-Kurse durchgeführt.

Kursbezeichnung	Zahl der Anmeldungen	Zahl der Kurse
WinWord 6.0 Grundkurs	17	1
WinWord 6.0 Aufbaukurs	8	1
Excel 5.0 Grundkurs	24	2
Excel 5.0 Aufbaukurs	23	2
PowerPoint 4.0 Grundkurs	34	3
Access 2.0 Grundkurs	39	3

Tabelle S-18
Schulungen

BfS-Netzwerk

E. Höller, H. Kett

Wie in den vergangenen Jahren zeichnete sich auch 1998 eine Intensivierung der Netznutzung ab, wobei zunehmend die Datenhaltung der Laborbereiche auf den Netzlaufwerken an Bedeutung gewinnt. Dies hat zur Folge, daß die regelmäßige Erweiterung der Speicherkapazität des Netzwerkserverns auch in diesem Jahr wieder erforderlich war. Bei der diesjährigen Aufrüstaktion wurde die derzeitige Bruttospeicherkapazität der Serverplatten von 16 auf 54 GB erhöht.

Da der Austausch von E-Mails am ISH stark zunimmt, wurde mit Beyond-Mail ein neues und leistungsfähiges Mailtool für Windows eingeführt. Im Gegensatz zum bisherigen Mailsystem bietet Beyond eine Vielzahl von Mailverwaltungsfunktionen wie z. B. ein umfangreiches Adreßbuch oder die Mailauswahl nach bestimmten Kriterien. Vorteil dieses Tools ist die Kompatibilität zum bisherigen Mailsystem.

Dem zunehmenden Bedarf an Grafiken und Präsentationen aber auch an umfangreicheren Ausdrucken im ISH wird durch

die Bereitstellung leistungsfähiger Netzwerkdrucker Rechnung getragen. Insgesamt stehen mittlerweile 11 Netzdrucker zur Verfügung, wovon 5 Farbdrucker sind.

Mit dem Bezug des Erweiterungsbaus im April 1998, wurde gleichzeitig in diesem Baustrakt ein geschwitchtes Glasfasernetzwerk in Betrieb genommen. Künftig wird es daher möglich sein, sich jederzeit den technischen Änderungen hinsichtlich der Übertragungsgeschwindigkeiten im Netzwerk anzupassen, da nicht mehr die bestehende Verkabelung geändert werden muß, sondern nur noch die Netzkarten im Arbeitsplatz-PC (APC) und die aktiven Komponenten im Netzwerkverteiler.

IT-Allgemein und Schulungen

E. Höller, H. Kett

1998 wurde beschlossen, Windows NT 4.0 Workstation als Standardbetriebssystem im BfS einzuführen. Dabei wurde festgelegt, alle Rechner mit weniger als 90 MHz Taktfrequenz durch Neusysteme zu ersetzen, um eine optimale Lauffähigkeit

von Windows NT zu gewährleisten. Alle 486-er-Rechner und niedriggetaktete Pentiumrechner werden daher ausgesondert. Alle übrigen Rechner werden auf 64 MB Hauptspeicher aufgerüstet.

Im Zuge dieser Ersatzbeschaffungen wurde das ISH mit 52 neuen APC-Systemen (Pentium II, 350 MHz, 64 MB Hauptspeicher, 6 GB Festplatte) ausgerüstet.

Standardmäßig wird auf allen Rechnersystemen das MS-Office-95-Paket und das erwähnte Beyond-Mail-System installiert werden. Die lokale Installation des Office-Paketes wird durch die hohe Festplattenkapazität der neuen Rechner möglich und entlastet dabei das Netzwerk deutlich, da die Office-Programme nicht mehr vom Netz geladen werden. Zudem ist sichergestellt, daß auf die Standardprogramme auch bei Netzausfällen zugegriffen werden kann.

Auch 1998 zeigte sich eine deutliche Nachfrage nach Schulungen aus dem MS-Office-Paket, wobei dieser Umstand teilweise auf Personalveränderungen wie z. B. die Integration von 14 ODL-Mitarbeitern in das ISH zurückzuführen ist. Insgesamt wurden 30 Schulungstage für 11 Kurse veranstaltet (siehe **Tabelle S-18**).

Introductory Workshop – European Study of Occupational Radiation Exposure in central and Eastern European Countries (ESOREX-East), Prag, 24.–25. September 1998

G. Frasch, E. Anatschkova

Im Rahmen des von der Europäischen Kommission finanzierten ESOREX-Projekts wurden bislang einer Reihe von Erhebungen zur Organisation der Überwachung beruflicher Strahlenexposition sowie zu den Expositionshäufigkeiten in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union sowie in Island, Norwegen und der Schweiz durchgeführt. Das Projekt wird nun auch auf zehn zentral- und osteuropäische Länder erweitert. Zweck der Studie ist es, in jedem dieser Länder

- die administrativen Systeme zur individuellen Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen und
- die Zahl der beruflich strahlenexponierten Personen und die Dosisverteilungen des Jahres 1997

zu erheben. Die Studie soll die administrativen Strukturen der verschiedenen Überwachungssysteme sowie die Häufigkeitsstrukturen beschreiben und vergleichen. Sie soll die Unterschiede zwischen den Staaten herausarbeiten und die Informationsgrundlage für die Möglichkeiten für eine europäische Harmonisierung aufzeigen.

Um die Mitarbeit der Europäischen Staaten zu gewinnen, wurde deshalb vom BfS in Zusammenarbeit mit dem State Institut for Nuclear Safety der Tschechischen Republik ein internationaler Einführungsworkshop im September 1998 in Prag durchgeführt. An dem Workshop nahmen Vertreter von Estland, Lettland, Litauen, Polen, Rumänien, der Slowakischen Republik, Slowenen, der Tschechischen Republik und Ungarn teil. Die Teilnehmer kamen aus den Bereichen der beruflichen Strahlenschutzüberwachung. Außerdem waren die Mitglieder des ESOREX Steering Committees zugegen.

Zweck der Veranstaltung war es, den beteiligten Ländern den Zusammenhang der Studie mit der angestrebten Harmonisierung der beruflichen Strahlenschutzüberwachung in Europa deutlich zu machen. Die Länder stellten 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.

CEC-Workshop: Umsetzung der Richtlinie über den Gesundheitsschutz bei „medizinischer Exposition“ (97/43/EURATOM)

R. Veit

Die Europäische Kommission, Generaldirektorat XI, veranstaltete am 27. April 1998 in Madrid einen Workshop zur Umsetzung der Richtlinie über den Gesundheitsschutz bei „medizinischer Exposition“ (97/43/EURATOM). Der Zweck war die Förderung der Diskussion und des Meinungsaustauschs zwischen den zuständigen Behörden der Mitgliedsstaaten, Medizinern, Strahlenschutzexperten, Vertretern der Industrie und der Europäischen Kommission zur Umsetzung der Richtlinie 97/43/EURATOM (MED97).

Nach einer Zusammenfassung der wichtigsten Änderungen der Patientenschutzrichtlinie MED97 im Vergleich zur alten Patientenrichtlinie 84/466/EURATOM folgten 9 Beiträge zu Themen in unmittelbarem Zusammenhang zur MED97 mit Diskussion und einer Abschlusss Diskussion.

Vier dieser Beiträge wurden in Form von Leitsätzen von der Arbeitsgruppe „Medical Exposures“ der CEC-Expertengruppe „Article 31“ vorbereitet, deren schriftliche Entwürfe den Teilnehmern zur Verfügung gestellt wurden. Diese Leitsätze betreffen:

- den Strahlenschutz bei der Behandlung mit I-131 (Expositionen durch ambulante und aus der Klinik entlassene Patienten),
- den Strahlenschutz für das ungeborene Kind (bei medizinischer Strahlenexposition der Mutter),
- den Strahlenschutz in der medizinischen und biomedizinischen Forschung (inzwischen als Dokument der Europäischen Kommission „Guidance on medical exposures in medical and biomedical research“ verabschiedet),
- die Diagnostischen Referenzwerte (einschließlich Patientendosimetrie).

Die Referenzwerte sollen von den Mitgliedsstaaten auf nationaler Ebene festgelegt werden. Sie sollen zwischen derzeitiger guter und schlechter nationaler Praxis liegen, nicht aber einen auf der neuesten Technologie beruhenden „Optimalwert“ widerspiegeln. Ziel ist es, Anwender mit schlechter Praxis, also hohen Patientexpositionen zu identifizieren. Zu diesem Zweck sollen die Referenzwerte in einer leicht zu messenden Größe ausgedrückt werden. Genannt wurden die Eintrittsdosis (ESD) und das Dosis-Flächen-Produkt (DFP). Ihre Anfangswerte sollen nach der 75 %-Perzentile einer Verteilung der Mittelwerte von gemessenen Patientendosen aus einer möglichst repräsentativen Zahl von radiologischen Praxen und Kliniken festgelegt werden. Aufgrund dieser Festlegung werden sich die Referenzwerte, falls man bei deren periodischer meßtechnischer Überprüfung eine steigende Qualität der Anwender voraussetzt, im Laufe der Zeit automatisch nach unten korrigieren.

Die fünf anderen Beiträge behandelten die Themen:

- Zulässigkeitskriterien für radiologische Anlagen und Qualitätssicherungsprogramme: Dazu hat die Europäische Kommission 1997 „Kriterien für die Zulässigkeit radiologischer (einschließlich strahlentherapeutischer) und nuklearmedizinischer Anlagen“ veröffentlicht, die Mindeststandards festlegen.
- Potentielle Expositionen und Unfallverhütung in der Medizin.

- Rechtfertigung medizinischer und medizinisch-rechtlicher Expositionen: Es wurde bedauert, daß nicht genügend Zeit war, um eine Liste mit verbotenen medico-legalen Untersuchungen in die MED97 aufzunehmen.
- Ausbildung in der medizinischen Anwendung ionisierender Strahlen: Es wird eine europäische Harmonisierung bei der Aus-, Weiter- und Fortbildung angestrebt bezüglich der Sachthemen, der Zeiten bzw. der Fallzahlen und der Mindestanforderungen an die im Strahlenschutz akkreditierten Institutionen.
- Besondere Expositionen – Pädiatrie.

Obwohl nicht alle wichtigen Änderungen der MED97 behandelt werden konnten, bot dieser Workshop doch eine wertvolle Plattform für wichtige Diskussionen über die Konsequenzen und mögliche nationale Ansätze zur Umsetzung der Europäischen Patientenschutzrichtlinie.

Workshop: On Quality Criteria For Computed Tomography (CT)

R. Veit

Am 13./14. November 1998 fand in Aarhus (DK) der Workshop on Quality Criteria for Computed Tomography statt, der von Teilnehmern der Concerted Action „Development of Quality Criteria for Computed Tomography“ der Europäischen Kommission, DG XII organisiert wurde.

Der Hauptzweck war die Diskussion des Working Document EUR 16262, May 1998 „Quality Criteria for Computed Tomography“ vor dessen Veröffentlichung und nachdem Kommentare von externen Experten (u. a. auch von S 2.1) eingearbeitet wurden. Das Working Document soll dann in die Reihe der „European Guidelines for Quality Criteria“ eingereiht werden, die schon für konventionelle Röntgenuntersuchungen für Erwachsene und Kinder sowie für die Mammographie existieren.

Daneben wurden Pilotstudien über die Anwendung der Qualitätskriterien für CT in der Praxis vorgestellt mit dem Ziel, neue Studien zu initiieren, Informationen über

die Qualitätskriterien zu verbreiten und die Umsetzung des Konzepts zu fördern. Außerdem wurde eine Referenzdatenbank zur CT-Dosimetrie vorgestellt, die in nächster Zeit noch weiter ausgebaut werden soll, und schließlich wurden noch technische Weiterentwicklungen bei CT-Geräten vorgestellt, die eine Dosisreduktion erwarten lassen.

Der Workshop fand statt vor dem Hintergrund einer kontinuierlichen Zunahme von CT-Untersuchungen in Europa und auch einer dementsprechenden Zunahme der Patienten- und Bevölkerungsdosis. CT verursacht bis zu 40 % der kollektiven effektiven Dosis der Röntgendiagnostik in einigen Ländern der EU, darunter auch Deutschland. Daher ist es aus Strahlenschutzgründen dringend geboten, einen Schwerpunkt auf die Rechtfertigung und Optimierung von CT-Untersuchungen zu legen. Auch die EU-Patientenrichtlinie 97/43/EURATOM betrachtet die CT als eine besondere Anwendung mit hohen Patientendosen, wobei spezielle Aufmerksamkeit auf Qualitätssicherung, Qualitätskontrolle und Ermittlung der Patientendosis gelegt werden sollte.

Das Working Document EUR 16262 wurde entwickelt, um zur Optimierung von CT-Untersuchungen beizutragen, d.h. um die Patientendosis entsprechend der erforderlichen Bildqualität so niedrig wie möglich zu halten. Es sind darin für 23 CT-Untersuchungsarten Bildkriterien (anatomische Details mit unterschiedlichen Genauigkeitsanforderungen an die Sichtbarkeit) aufgelistet, die die diagnostischen Anforderungen an die Untersuchung berücksichtigen sollen. Dazu werden geeignete technische Parameter vorgegeben, die mit Referenzwerten der Patientendosis verknüpft sind. Als Referenzgrößen dienen der gewichtete CT-Dosisindex $CTDI_w$ für die Dosis einer Schicht (Spirale) und das Dosislängenprodukt DLP zur Kennzeichnung der Patientendosis einer ganzen CT-Untersuchung.

Der $CTDI_w$ ist definiert als $1/3 CTDI_{100,C} + 2/3 CTDI_{100,P}$, wobei $CTDI_{100}$ für die Dosis für Luft von einer CT-Schicht steht, integriert über 100 mm und geteilt durch die nominelle Schichtdicke. Er wird gemessen mit einer 100 mm langen Kammer im Zentrum (C) und in 1 cm Tiefe an der Peri-

pherie (P) eines Plexiglasphantoms. Der $CTDI_{100}$ ist sowohl zu unterscheiden von der Dosis (für Luft) in der Systemachse $CTDI_{Air}$, die frei in Luft gemessen wird, wobei die Dosis einer Schicht über 14 Schichtdicken integriert wird, als auch vom $CTDI_{FDA}$, der als Dosis für Plexiglas definiert ist, wobei man ebenfalls die Dosis einer Schicht über 14 Schichtdicken integriert, allerdings im Plexiglasphantom.

Der Vorteil des $CTDI_{100}$ gegenüber dem $CTDI_{FDA}$ ist, daß er wegen der konstanten Integrationslänge von 100 mm einfacher zu messen ist und auch nicht mehr von der Schichtdicke abhängt. Im Vergleich zum $CTDI_{Air}$ ist der $CTDI_w$ ein wesentlich besseres Maß für die Patientendosis, da durch die Kombination zweier Meßpunkte in verschiedenen Tiefen des Phantoms sowohl verschiedene Strahlenqualitäten als auch alle möglichen Formfilter berücksichtigt werden.

Die Referenzgröße DLP, definiert als Produkt aus $CTDI_w$ und Scanlänge, ist ein Maß für die Patientendosis einer CT-Untersuchung und eng mit der effektiven Dosis E verknüpft. In EUR 16262 sind dazu grobe Konversionsfaktoren E/DLP für verschiedene Körperregionen (Kopf, Hals, Thorax, Abdomen und Becken) angegeben.

Konkrete Referenzwerte sind in EUR 16262 allerdings erst für 4 der 23 betrachteten CT-Untersuchungsarten angegeben: für routine head, routine chest, routine abdomen und routine pelvis. Darüber hinaus wurden diese Werte aufgrund der englischen Praxis in den 80er Jahren festgelegt und sind daher nicht unbedingt repräsentativ für die gegenwärtige Praxis in Deutschland. Insbesondere scheinen die DLP-Werte zu klein zu sein. Um die Referenzwerte für Deutschland realistisch festlegen zu können, sind deshalb noch mehr Informationen über gängige Protokolle von üblichen CT-Untersuchungsarten nötig. Es werden jedoch auch Informationen darüber gebraucht, wie sich scannerspezifisch bestimmte Parameterkombinationen (kV, mAs, Schichtdicke) auf den $CTDI_w$ auswirken.

Solche Daten befinden sich, momentan für 29 Scanner-Modelle, in der „Reference Database on CT Dosimetry“, die von der Medical Devices Agency, Department of

Health, in London angelegt wurde und hier vorgestellt wurde. Pro Scannertyp sind darin aufgelistet: Fokus-Achsen-Abstand, Filter und für alle kV-Werte und Schichtdicken auf 1 mAs normierte Werte von ${}_n\text{CTDI}_{\text{Air}}$ und ${}_n\text{CTDI}_{\text{W}}$. Sehr hilfreich sind auch die angegebenen Umrechnungsfaktoren $\text{CTDI}_{100}/\text{CTDI}_{\text{FDA}}$ und die sogenannten Phantomfaktoren $P = {}_n\text{CTDI}_{\text{W}}/{}_n\text{CTDI}_{\text{Air}}$, mit denen man aus der meistens bekannten normierten Achsendosis den normierten gewichteten CTDI berechnen kann. Die Datenbank soll weiter aktualisiert werden und dann durch Veröffentlichung im Internet allgemein zugänglich gemacht werden.

Zum Abschluß des Workshops wurde noch von zwei technischen Weiterentwicklungen bei der CT berichtet, die eine baldige Dosisreduktion erhoffen lassen. Es handelt sich einmal um On-Line Röhrenstrom-Kontrolle bei Spiral-CT, wobei der Röhrenstrom in den Positionen der Röhre reduziert wird, wo die Schwächung des Röntgenstrahls durch den Patienten gering ist. Der maximale Effekt ergibt sich bei sehr ovalen Patientenquerschnitten im Bereich der Schulter und des Thorax. Zum anderen wurde ein Ultra Fast Ceramics CT Detektor „Lighting UFC“ entwickelt, der eine schnellere Meßzeit mit einem geringeren Dosisbedarf kombiniert.

3. Fachgespräch über diagnostische Referenzwerte

R. Veit

Mittelfristiges Ziel der Fachgespräche über diagnostische Referenzwerte soll es sein, unter Beteiligung aller Fachkreise für das Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung (BMA) wissenschaftlich fundierte Vorschläge zu erarbeiten, die der Umsetzung der Patientenschutzrichtlinie 97/43/ EURATOM in nationales Recht dienen. Die Rolle des BfS wird dabei als Koordinator und Sammelstelle für gemessene Patientendosiswerte gesehen.

Daher befaßte sich die Expertenrunde am 8. Mai 1998 im ISH in Fortsetzung der beiden Fachgespräche vom 9. April und 1. Oktober 1997 schwerpunktmäßig mit

der Vorstellung und Diskussion gemessener Patientendosen in der Röntgendiagnostik mit dem Ziel, konkrete Vorschläge für diagnostische Referenzwerte zu erarbeiten. Die Ergebnisse des CEC-Training Workshops „Reference Doses and Quality in Medical Imaging“ vom 23.–25. Oktober 1997 in Luxembourg sollten dabei auch berücksichtigt werden. Dies betrifft hauptsächlich die Definition weiterer Dosen, die, zusätzlich zu den Referenzdosen, für die Optimierung des Strahlenschutzes sinnvoll sein können. Sie sollen als „Zieldosen“, „Erreichbare Dosen“ oder „Optimaldosen“ bezeichnet werden.

Meßgrößen für Referenzwerte

Aufgrund der Vorstellung eines Veröffentlichungsentwurfs über dosimetrische Größen in der diagnostischen Radiologie, der sich im wesentlichen für die Einfalldosis als Meßgröße aussprach, entwickelte sich eine kontroverse Diskussion über Meßgrößen für Referenzwerte. Zur Debatte standen die Einfalldosis, die Eintrittsdosis (entrance surface dose) ESD und das Dosis-Flächen-Produkt (DFP).

Für die Einfalldosis (und ESD) und gegen das DFP wurde angeführt, daß die Vermischung von 2 verschiedenen Größen, Dosis und Fläche (Einblendung), beim DFP ein Nachteil ist, da die Einblendung sehr unterschiedlich ausfallen kann. Bei manchen Aufnahmearten (Schädel, Kleinkind) ist das Feld zudem oft größer als das untersuchte Objekt. Als weiteres Argument gegen das DFP wurde vorgebracht, daß es nur schwer von Überwachungsstellen überprüfbar sei.

Ein wichtiges Argument gegen die Verwendung der Einfalldosis war, daß man in den Europäischen Leitlinien als Meßgröße für die Referenzwerte bereits die Größe ESD verwendet.

Für die Verwendung des DFP als Meßgröße spricht, daß es leicht zu messen ist und daß durch seine Messung der Ablauf der Untersuchung in keiner Weise gestört wird. Vor allem aber wird durch die Verwendung des DFP die Anwendertechnik (Einblendung) beim Referenzwert mit berücksichtigt, was der Beurteilung der Verfahrensqualität entgegen kommt. Zudem ist in Deutschland bei komplexen

Untersuchungen (Kinder, interventionelle Radiologie) seit einigen Jahren schon ein Gerät zur Messung des DFP vorgeschrieben, so daß solche Meßgeräte schon vielfach vorhanden sind.

Man einigte sich schließlich darauf, daß in Abhängigkeit von der Untersuchungsart, zusätzlich zu ESD und DFP, auch die Einfalldosis als Meß- bzw. Rechengröße für Referenzwerte verwendet werden kann. Bei bekannter Geometrie und Strahlenqualität können zudem aus einer gemessenen Größe (ESD, DFP oder Einfalldosis) stets die beiden anderen berechnet werden.

Schließlich wurde die Frage diskutiert, ob man für verschiedene Film/Foliensysteme und evtl. sogar verschiedene Raster verschiedene Referenzwerte ermitteln soll oder ob ein Referenzwert die gesamte Variation der Aufnahmetechnik nach den Leitlinien der BÄK abdecken soll. Diese Frage konnte noch nicht abschließend geklärt werden.

Vorstellung der erhobenen Dosiswerte und Vorschläge für Referenzwerte

Schädel

Es wurden umfangreiche Patientendosiswerte (als DFP) bei verschiedenen Schädeluntersuchungen vorgestellt, insbesondere die DFP-Verteilung für Schädel in 2 Ebenen von 48 erwachsenen Patienten. Bei Verwendung einer Folie der Empfindlichkeitsklasse 400 betrug die 3. Quartile des DFP für eine Aufnahme $55 \text{ cGy} \times \text{cm}^2$. Allerdings handelt es sich hier um den Mittelwert des DFP aus beiden Projektionen, lateral und ap/pa, wobei im Mittel das DFP für ap/pa etwa um den Faktor 4 höher sein soll als das DFP für lateral.

In der Diskussion einigte man sich darauf, daß für die Referenzwerte separate Meßwerte für die beiden Projektionen ap/pa und lateral benötigt werden. Es sollen daher künftig separate Meßwerte in mehreren Kliniken erhoben werden um u. a. auch den o. g. Faktor 4 zu überprüfen. Auch die Eintrittsdosis soll gemessen werden und mit den vorhandenen DFP-Werten verglichen werden. Die Referenzwerte könnten dann in Form einer Doppeltabelle für ESD und DFP angegeben werden.

Thorax

Es wurden Mittelwerte der Eintrittsdosis für Lunge pa aus 2 Kliniken vorgestellt. Sie betrugen bei Verwendung einer Folie der Klasse 200 0,23 bzw. 0,24 mGy. Eine Dickenkorrektur der Daten auf 21 cm Standardpatientendurchmesser ergab einen Mittelwert von 0,19 mGy. Der Mittelwert der Eintrittsdosis für Lunge lateral betrug 1,1 mGy. Diese Werte wurden mit den entsprechenden Mittelwerten aus neueren Erhebungen in England (pa: 0,17 mGy, lat: 0,57 mGy), Skandinavien (pa: 0,2 mGy, lat: 0,5 mGy) und ganz Europa. (pa: 0,36 mGy, lat: 1,3 mGy) verglichen.

Als Diskussionswert für den Referenzwert Lunge pa wurde daraufhin 0,2 mGy vorgeschlagen. Der europäische Referenzwert liegt bei 0,3 mGy (pa) bzw. 1,5 mGy (lat). Aufgrund theoretischer Überlegungen gibt es noch ein großes Dosisparpotential. Deshalb wurde als „optimaler Wert“ 0,05 mGy für Lunge pa vorgeschlagen. Dennoch plädierte man für eine breitere Erhebung von Patientendosen bei Thorax, zumindest in Stichproben.

HWS, BWS, LWS, Becken

Da noch keine Meßwerte vorlagen, wurde eine theoretische Betrachtung angestellt über die mögliche Schwankungsbreite der Eintrittsdosis für Normalpatienten bei Wirbelsäulen- und Beckenaufnahmen, falls die Leitlinien der BÄK eingehalten werden. Läßt man noch die Dickenvariation der Patienten zu, wird der Schwankungsbereich bereits deutlich größer und erhöht sich schließlich noch einmal um den Faktor 2, wenn man zusätzlich technische und Betrachtertoleranzen berücksichtigt. Für die LWS lateral z. B. würde dann die Schwankungsbreite der Eintrittsdosis von 2–62 mGy reichen, der Schwankungsbereich des DFP wäre, wegen der zusätzlichen Variation der Feldgröße, noch größer.

Ein festzulegender Referenzwert müßte also irgendwo in diesem Intervall angesiedelt werden. Sinnvoll wäre eine Festlegung des Referenzwertes als 75%-Perzentile einer ermittelten Dosisverteilung. Dazu sollen Dosismessungen durchgeführt werden.

Abdomen, Harntrakt

Es wurde von Berechnungen der Einfallsdosis an einem Abdomen-Aufnahmeplatz bei 177 Patienten berichtet. Aus der gemessenen Kenndosis frei-Luft (mGy pro mAs) wurde mit Hilfe der Belichtungswerte (kV, mAs) und des Fokus-Haut-Abstands die Einfallsdosis berechnet. Bei Verwendung einer Folie der Empfindlichkeitsklasse 400 ergab sich ein Mittelwert von 2,7 mGy, während die 3. Quartile bei 3,4 mGy lag. Aufgrund dieser Rechnungen wurden folgende Referenzwerte vorgeschlagen: Einfallsdosis: 3,5 mGy, ESD: 4,5 mGy und DFP: 250 cGy $\times$ cm². Dennoch wurde die Erhebung weiterer Meßwerte als sinnvoll angesehen.

Magen, Darm

Es wurde von Erhebungen des DFP bei Magen-Duodenum Untersuchungen (MDP, 37 Patienten), Dünndarm Untersuchungen (DDP, 60 Patienten) und Kolon Kontrasteinlauf (KE, 34 Patienten) berichtet. Die Werte der 3. Quartile ergaben sich zu: MDP: 1150, DDP: 3570 und KE: 3600 cGy $\times$ cm². Es wurde jedoch betont, daß diese Daten ausschließlich an modernsten digitalen Röntengeräten erhoben wurden und daher weitere Daten aus einem repräsentativen Querschnitt von Einrichtungen erhoben werden müßten.

Arteriographie, Phlebographie, Interventionelle Radiologie

Es wurden Daten von verschiedenen komplexen Untersuchungen vorgestellt: So betrug die Einfallsdosis pro Serienbild als Funktion der Patientendicke bei der Digitalen Subtraktionsangiographie (DSA) 2–15 mGy, die Dosisleistung für verschiedene Modi kontinuierlicher und gepulster Durchleuchtung betrug 2–37 mGy/min. Literaturwerte des DFP bei der Perkutanen Transluminaren Coronarangioplastie (PTCA) betrugen 60–580 Gy $\times$ cm² und die Verteilung mittlerer DL-Zeiten bei der Perkutanen Transluminaren Angioplastie (PTA) von 2900 Patienten in 16 Kliniken lieferte einen Wert für die 3. Quartile von 18 min.

Für drei interventionelle Maßnahmen wurden Referenzwerte vorgeschlagen: für PTA: 100 Gy $\times$ cm² (DFP) und 0,6 Gy (Einfallsdosis), für PTCA: 120 Gy $\times$ cm² (DFP) und 1,2 Gy (Einfallsdosis) und für Transjuguläre Intrahepatische Portale Stent Shunts (TIPPS): 250 Gy $\times$ cm² (DFP) und 1,8 Gy (Einfallsdosis). Für Arteriographie und Phlebographie wurden noch keine Referenzwerte vorgeschlagen, weil die verfügbaren Meßwerte nicht repräsentativ waren. Man bräuchte mehr Meßwerte aus verschiedenen Institutionen, wobei das DFP als die geeignete Meßgröße angesehen wurde. Die Durchleuchtungszeit soll zusätzlich getrennt erfaßt werden.

Computertomographie (CT)

Es sollen Referenzwerte für folgende CT-Untersuchungsarten festgelegt werden:

1. Schädel/Gehirn, 2. a) Gesichtsschädel, b) Nasennebenhöhlen, 3. Thorax, 4. a) Abdomen, b) Leber, 5. LWS, 6. Becken. Als Referenzgrößen dienen: der gewichtete CT-Dosisindex CTDI_w und das Dosislängenprodukt DLP, wie sie in den "Quality Criteria for Computed Tomography" (EUR 16262) definiert sind.

Hierzu müssen auf möglichst breiter Basis für verschiedene Gerätetypen und Hersteller Daten von Untersuchungsprotokollen erhoben werden. Im Rahmen eines Forschungsprojektes des BMU werden zur Zeit Daten im Großraum Erlangen erhoben, außerdem wurden Archivdaten von Somatom AR-T, Somatom plus und Tomoscan angeboten.

Weiteres Vorgehen

Spätestens nach dem nächsten Fachgespräch, das für März 1999 vorgesehen ist, soll unter Beteiligung aller Fachkreise für das BMA ein konkreter Diskussionsentwurf mit wissenschaftlich fundierten Vorschlägen erarbeitet werden, die der Umsetzung der Patientenschutzrichtlinie in nationales Recht dienen können.

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität

A. Bayer

Drei Jahre nach dem 9. Fachgespräch in München (1995) fand vom 28. bis 30. April '98 in Hamburg das 10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität statt. Es wurde im Auftrag des Bundesumweltministeriums vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie in Zusammenarbeit mit der Bundesforschungsanstalt für Fischerei und dem BfS durchgeführt.

Für drei Tage versammelten sich mehr als 200 Fachleute aus Bundes- und Länderbehörden, Universitäten und Forschungszentren, Meßgeräte- und Softwarehersteller zur gegenseitigen Information und zu intensivem Gedankenaustausch. Über 70 wissenschaftliche Beiträge wurden in Form von Vorträgen und Postern präsentiert. Am Rande des Fachgesprächs hatten etwa 20 Meßgeräte- und Softwarehersteller die Gelegenheit zu einer kleinen Ausstellung, bei der sie ihre neuesten Entwicklungen und Produkte vorstellen konnten.

Die in den wissenschaftlichen Beiträgen behandelten Themengruppen umfaßten u. a.:

- Neue Richtlinien und Regelungen auf dem Gebiet der Radioaktivitätsüberwachung

Hier standen die Berichte über die Umsetzung der Beschlüsse der Umweltministerkonferenz vom Mai 1993, eine Verwaltungsvorschrift zu Verboten und Beschränkungen bei Lebensmitteln nach § 7 StrVG und die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten im Vordergrund.

- Erfahrungen mit dem Betrieb des integrierten Meß- und Informationssystem (IMIS), Konsequenzen aus Übungen und Weiterentwicklungen

Im Rahmen der Vorträge dieser Themengruppe wurde über Erfahrungen beim Betrieb und bei Übungen des IMIS berichtet, die u. a. auch bei der Weiterentwicklung des Systems IMIS sowohl unter meß-

technischen wie informationstechnischen Gesichtspunkten Eingang finden werden.

- Methoden und Ergebnisse bei der Radioaktivitätsüberwachung

Hier standen die neuesten meßtechnischen Entwicklungen mit Schwerpunkt auf Schnellmethoden und Qualitätskontrolle sowie die Weiterentwicklung radioökologischer Modelle zur prognostischen Ermittlung im Vordergrund, um die Umwelt- und Umgebungsradioaktivität noch sicherer und schneller zu ermitteln. Außerdem wurde über die Fortschritte bei der Erfassung und Bewertung der zusätzlichen Strahlenexposition durch die Hinterlassenschaften in den früheren Bergbaugebieten, speziell der vormaligen Uranbergbaugebiete der Wismut AG berichtet.

- Überwachung im internationalen Rahmen und internationaler Datenaustausch

Der Tschernobyl-Unfall vor zwölf Jahren zeigte sehr anschaulich die grenzüberschreitenden Auswirkungen, die unfallbedingte Freisetzungen von Radionukliden bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen haben können, so daß der internationale Austausch über Meßergebnisse und Prognosedaten zur Beherrschung einer derartigen Situation als eine unabdingbare Forderung erkannt wurde. Es wurde über die in diesem Zusammenhang seither getroffenen Absprachen und Vereinbarungen auf diesem Gebiet, vor allem innerhalb Europas, ausführlich berichtet.

- Internationaler Meeresumweltschutz

Unter anderem aus Anlaß des „Internationalen Jahres des Ozeans“ nahm dieses Thema einen breiteren Raum ein. Die 22 Ableitungen aus den Wiederaufbereitungsanlagen La Hague und Sellafield und die daraus resultierende Konzentration in der Nordsee und den angrenzenden Meeresgebieten einschließlich der Konzentration in der dort lebenden Fauna wurde ausführlich dargestellt und diskutiert. Ebenso wurde über Untersuchungen im Versenkungsgebiet sowjetischer U-Boote in der Kara-See berichtet. Berichte über Stand der Arbeiten in den Arbeitsgruppen „Überwachung radioaktiver Stoffe“ der „Oslo und Paris Kommission (OSPAR)“ sowie der „Helsinki Kom-

mission zum Schutz des Ostseemeeresgebiets“ beschlossen diese Themengruppe.

Die Beiträge zeugten insgesamt von dem qualitativ und quantitativ hohen Stand der allgemeinen und anlagenbezogenen Umweltüberwachung in Deutschland und von den Fortschritten bei der internationalen Vernetzung dieser weltweiten Aufgabe.

Der 478-seitige Tagungsband erschien im Sommer '98:

Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.)

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bonn (1998)

1. Fachgespräch SODAR, 23./24. Juni 1998 in Neuherberg

H. Walter, H. Langen, M. Kainz, H. Wildermuth, R. Haubelt

Das 1. Fachgespräch SODAR wurde vom Arbeitskreis „Emissionen und Immissionen bei kerntechnischen Anlagen“ des Länderausschusses für Atomkernenergie initiiert und im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) vom Fachgebiet S 3.3 in Neuherberg organisiert und fachlich begleitet. Ca. 45 Teilnehmer aus Deutschland, Österreich und der Schweiz nahmen an der Veranstaltung teil.

Das Fachgespräch diente einem Austausch von aktueller fachlicher Information zum meteorologischen Fernerkundungssystem SODAR (Sonic Detection and Ranging) und soll mit dazu beitragen, neuere Entwicklungen sowohl im technischen Bereich des SODAR als auch bei der Auswertung von SODAR-Daten für den meteorologischen Bereich, insbesondere zum Zwecke der Berechnung der Strahlenexposition bei der Kernreaktorfernüberwachung, zu präsentieren. Dieses Fachgespräch stellt eine wesentliche Informations- und Diskussionsgrundlage dar, auf deren Basis richtungweisende Entscheidungen für die anwendungsorientierte Forschungsförderung des BMU getroffen werden

können. Mit diesem Fachgespräch werden auch Empfehlungen der Strahlenschutzkommission des BMU zum Einsatz und zur weiteren Optimierung des meteorologischen Präprozessors für SODAR-Daten (MPS) in Verbindung mit dem „DFK-Modell“ berücksichtigt.

Die große Bereitschaft der auf diesem Gebiet tätigen Wissenschaftler als Referenten an diesem Fachgespräch teilzunehmen verdient eine besonders positive Erwähnung; dieses Engagement führte zu einem breiten Spektrum an Vorträgen in diesem speziellen Themenbereich. Die große An-

zahl von verschiedenen Institutionen, die Referenten oder Zuhörer zum Fachgespräch entsandt haben, zeigte, daß dieses Fachgespräch auch über den Bereich der Strahlenhygiene hinaus von Bedeutung war.

EC Concerted Action: The Use of FISH Techniques for Biological Dosimetry

G. Stephan, S. Pressl, H. Romm

An der Concerted Action, die 1997 begann und bis Mitte 1999 läuft, nehmen 9 europäische Arbeitsgruppen teil. Das verfolgte Ziel ist die Beurteilung der Translokationen als Indikator für retrospektive Dosisrekonstruktionen. Bei den jährlichen Treffen stellen die Arbeitsgruppen Ergebnisse zu den folgenden Fragen vor: 1. Welche Chromosomen sollen markiert werden? Ist es notwendig auch die Zentromere zu markieren? 2. Welche Aberrationen sollen analysiert bzw. für die biologische Dosimetrie verwendet werden? 3. Bleibt die Translokationshäufigkeit nach einer Strahlenexposition im peripheren Blut über Jahre erhalten? 4. Was ist die spontane Häufigkeit von Translokationen und welche Faktoren, wie z. B. Rauchgewohnheit und Alter, beeinflussen die Häufigkeit?

Die Persistenz von Translokationen wird an Personen untersucht, die 1994 von einem Strahlenunfall betroffen waren. Die Personen werden im Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, Helsinki, betreut. Von dort werden Chromosomenpräparate, die zu unterschiedlichen Zeiten nach der Exposition gefertigt wurde und werden, an verschiedene Arbeitsgruppen zur Auswertung gesandt. Die bei einer Person ermittelte Häufigkeit von Translokationen ist in **Abbildung S-25** dargestellt. Die Häufigkeit der dizentrischen Chromosomen nimmt, wie zu erwarten, mit der Zeit nach der Strahlenexposition signifikant ab. Bei der Translokationshäufigkeit ist ein

Trend zur Abnahme zu erkennen. Die folgenden Analysen werden zeigen, ob sich dieser Trend fortsetzt und damit signifikant wird.

IAEA Research Project: Radiation Dosimetry through Biological Indicators

G. Stephan, S. Pressl, H. Romm

Die IAEA hat 1986 ein Buch mit dem Titel „Biological Dosimetry: Chromosomal Aberration Analysis for Dose Assessment“ herausgegeben. Es ist beabsichtigt ein neues Buch aufzulegen, das umfassender sein soll, aber vor allem die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiete der Zytogenetik beinhalten soll. Das erste Treffen, an dem Arbeitsgruppen aus der ganzen Welt teilnahmen, fand im Juli in Budapest statt. Es wurde vereinbart, daß jede Arbeitsgruppe detaillierte Informationen zur Durchführung der Chromosomenanalyse zur Verfügung stellt. Angefangen bei Kulturbedingungen über Auswertekriterien bis zu vorliegenden Ergebnissen (Kontrollen, Dosiswirkungs-Kurven). Mittels Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) sollen gemeinsam Kalibrierungskurven erstellt werden. Die Bestrahlung und Fertigung der Objektträger erfolgt in einem Labor. Die Objektträger werden dann an verschiedene Arbeitsgruppen verteilt und dort mittels FISH-Technik Chromosomen markiert und die Aberrationen analysiert. Die statistische Analyse der Ergebnisse wird unter einheitlichen Gesichtspunkten durchgeführt.

EU-Forschungsvorhaben „Biokinetics and Dosimetry of Incorporated Radionuclides“

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 biokinetischen und dosimetrischen Modells für den Magen-Darm-Trakt einschließlich experimenteller Studien zur Bestimmung der gastrointestinalen Absorption,
- Arbeiten zur Entwicklung neuer biokinetischer Modelle für systemische Aktivität einschließlich experimenteller Studien,
- die Ermittlung der lokalen Dosisverteilung bei Auger- und α -Emittern und ihrer biologischen Effekte,
- die Implementierung neuer biokinetischer und dosimetrischer Modelle in Computer-Codes und die Bestimmung der Variabilität von Dosiskoeffizienten.

Die Hauptarbeit unserer Arbeitsgruppe war 1998 die Fortführung der Implementierung biokinetischer und dosimetrischer Modelle für den Fetus bei Aktivitätszufuhr durch die Mutter. In diesem Zusammenhang fand eine intensive Zusammenarbeit mit NRPB statt mit mehrwöchigen Besuchen von T. P. Fell im BfS und K. Karcher bei NRPB. Beim Vergleich der Ergebnisse der Berechnungen durch BfS und NRPB wurden viele Fragestellungen aufgeworfen, die in Zusammenarbeit mit verschiedenen ICRP Arbeitsgruppen diskutiert und gelöst werden konnten. Dadurch konnte eine Übereinstimmung – und damit eine Qualitätssicherung – der Ergebnisse erreicht werden, aber auch die Formulierung der Modelle konnte deutlich verbessert werden.

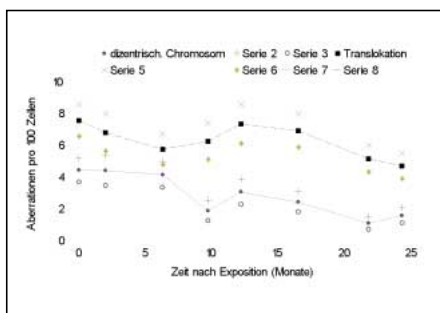


Abbildung S-25:
Proband RH, Chromosom 2, 4 und 8 auf das Genom umgerechnet

Für die Mitarbeit bei der Entwicklung eines neuen biokinetischen und dosimetrischen Modells für den Magen-Darm-Trakt wurden Literaturrecherchen durchgeführt zu Transitzeiten verschiedener Substanzen durch die Speiseröhre und bezüglich des enterohepatischen Kreislaufs. Eine Zusammenarbeit mit TNO in den Niederlanden erbrachte die Entwicklung von Methoden der Sensitivitätsanalyse, die bei der Modellentwicklung mit eingesetzt werden sollen.

Zur Untersuchung der Zuverlässigkeit von Dosiskoeffizienten wurde abgeschätzt, in welcher Exaktheit Parameter zur Berechnung von Dosiskoeffizienten bekannt sind. Diese Ergebnisse werden verwendet zur probabilistischen Berechnung von Dosiskoeffizienten durch Colenco Power Engineering AG, Baden (Schweiz). Als Ergebnis erhält man Verteilungsfunktionen für Dosiskoeffizienten und Ergebnisse, durch welche Parameter diese insbesondere bestimmt werden.

EU Projekt „Reconstruction of internal doses from long-lived radionuclides following a large-scale radiation accident“

D. Noßke, K. Karcher, S. Hornik

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. 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. 4. 1997 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 Aktinide 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 1998 die Implementierung von Methoden zur retrospektiven internen Dosimetrie in unser DOSAGE Programm sowie die Entwicklung eines PC Programms zur Anwendung von ICRP Publikation 78. Es finden Arbeiten statt zur Beurteilung von systemischen biokinetischen Modellen für Strontium anhand der Daten aus dem Südrural.

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),

Die Hauptarbeiten von INDOS waren 1998 weiterhin die Entwicklung von Modellen zur Ermittlung der Dosis für Embryo und Foetus bei Aktivitätszufuhr durch die Mutter sowie Arbeiten zur Zuverlässigkeit von Dosiskoeffizienten. Insbesondere die Zusammenarbeit von BfS und NRPB erbrachte viele Fragestellungen für die generischen Modelle für Embryo und Foetus,

die gelöst werden mußten und zu einer endgültigen Formulierung der Modelle führte. Außerdem wurden spezielle Modelle für Jod und die Erdalkalimetalle entwickelt. Schließlich wurde mit einer Revision von Publikation 30 begonnen, die auch eine Revision von Publikation 54 beinhalten soll, wodurch bei der Entwicklung biokinetischer Modelle auch auf eine realistische Darstellung der Retentions- und Ausscheidungsfunktionen geachtet werden muß.

DOCAL arbeitet eng mit INDOS zusammen. Der Schwerpunkt der Tätigkeiten dieser Gruppe lag 1998 ebenfalls auf der Diskussion und Implementierung der Modelle für Embryo und Foetus bei Aktivitätszufuhr durch die Mutter. Dabei mußten insbesondere bei den dosimetrischen Modellen viele Probleme gelöst werden. Außerdem wurde eine umfangreiche Qualitätskontrolle der Daten, die eine CD-ROM mit Dosiskoeffizienten enthalten soll, durchgeführt und 1998 beendet.

HAT hat 1998 insbesondere Material gesammelt und zusammengestellt, das in die Entwicklung eines neuen Verdauungstraktmodells eingehen soll. Es wurde die Struktur des biokinetischen Modells vorgeschlagen, wobei dieses eine relativ einfache generische Komponente enthalten soll, die bei Vorliegen entsprechender spezifischer Informationen durch ausführlichere Komponenten ergänzt werden kann. Arbeiten für dosimetrische Modelle für den Verdauungstrakt wurden begonnen.

Mitarbeit bei der Erstellung von IAEA Publikationen

D. Noßke

Es fanden 1998 bei der IAEA in Wien zwei Consultants' Meetings statt zur Erstellung des Safety Series Guides „Assessment of Occupational Exposure due to Intakes of Radionuclides“, der Safety Series Practice „Indirect Methods for Measuring Radionuclides in the Human Body“ und der Safety Series Practice „Assessment of Radiation Doses from Radionuclides in the Human Body“ 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 Erstellung dieses Guides konnte im Sommer 1998 beendet werden.

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 Körperaktivität. Die Practice über indirekte Methoden enthält eine Beschreibung der verwendeten (biologischen und physikalischen) Materialien, ihrer Gewinnung und deren Messung (abhängig von den Radionuklideigenschaften). Umfangreiche Anhänge enthalten für mehrere Radionuklide genauere Beschreibung der empfohlenen Messungen und Meßmethoden sowie deren Interpretation. Die Arbeiten zu dieser Practice konnten 1998 abgeschlossen werden.

Hauptarbeiten 1998 waren die Erstellung der Safety Series Practice „Assessment of Radiation Doses from Radionuclides in the Human Body“ zur Interpretation von direkten und indirekten Meßergebnissen im Hinblick auf eine Dosisabschätzung. Es liegt derzeit ein kompletter Entwurf des Textes vor, der allerdings noch überarbeitet und abgeglichen werden muß. Außerdem müssen die Anhänge mit mehreren Beispielen teilweise noch erstellt werden. Die Werte der Retentions- und Ausscheidungsfunktionen zu verschiedenen Zeitpunkten nach Inkorporation wurden im ISH und bei NRPB berechnet. Derzeit finden VergleichsprozEDUREN zur Qualitätssicherung dieser Daten statt.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)

R. Matthes

Die ICNIRP hielt ihre 6. Jahrestagung im April 1998 an der Technischen Universität in Tokyo (Japan) ab. Kurz zuvor waren im Health Physics Journal die überarbeiteten Richtlinien zur Begrenzung der Exposition bei elektromagnetischen Feldern im Frequenzbereich von 0–300 GHz veröffentlicht worden. Zahlreiche Kommentare zu dieser Publikation zeigten, daß insbesondere das Konzept von Basisgrenzwerten und den daraus für die Praxis abgeleiteten Referenzwerten (vgl. Jahresbericht 1997 S. 63 ff) weitgehend nicht verstanden wurde. Auf dieser Tagung wurden deshalb zusätzliche Erläuterungen zu den Richtlinien erarbeitet. Angesprochen wurden dabei z. B. Fragen zur Bedeutung der Referenz- und Basiswerte, zur Dosimetrie und zur Kurzzeitexposition. Diese Erläuterungen sind ebenfalls 1998 im Health Physics Journal publiziert worden.

Ein neu eingerichtetes Standing Committee zur optischen Strahlung hat sich mit den neuen Befunden über die Wirkung von Laserstrahlung befaßt. Hier liegen neue wissenschaftliche Befunde über biologische Wirkungen bei extrem kurzzeitiger Exposition und bei Dauerexposition vor. Auf dieser Grundlage wurde ebenfalls mit der Überarbeitung der Richtlinien zum Schutz vor Laserstrahlung begonnen. Bislang ebenfalls nicht ausreichend in den Richtlinien zur Laserstrahlung berücksichtigt sind unwillkürliche Augenbewegungen, die zu einer Herabsetzung des Expositionsrisikos an der Retina führen.

Mit zusätzlicher Unterstützung des Bundesumweltministeriums (BMU) und des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) wurde eine internationale Tagung zum Thema „Measurements of optical radiation hazards“ in Gaithersburg (USA) zusammen mit der Commission Internationale de l'Eclairage durchgeführt. Auf dieser Tagung wurde ein Überblick über den derzeitigen internationalen Kenntnisstand zu den biologischen Wirkungen optischer Strahlung, den erforderlichen Schutzmaß-

nahmen, sowie der Meßtechnik gegeben. Auf der Grundlage dieser Tagung wird derzeit von ICNIRP ein Referenzbuch für den Strahlenschutz im Bereich der optischen Strahlung zusammengestellt.

Ebenfalls durch BMU und BfS gefördert, fand an der Augenklinik in Regensburg ein internationaler Workshop zu Strahlenschutzaspekten bei der Anwendung von Leuchtdioden (LED) statt. Dieser Workshop war notwendig geworden, da neue Technologien dazu führen, daß bestimmte LEDs zunehmend laserähnliche Eigenschaften bekommen. Die generelle Anwendung von Richtlinien für Laserstrahlung zur Beurteilung der Strahlensicherheit bei LEDs führt aber in den meisten Anwendungsfällen zu einer extremen Überschätzung des Strahlenrisikos. Als Ergebnis dieses Workshops ist eine Stellungnahme in Vorbereitung, die eine entsprechende Klassifizierung der LEDs vornimmt und strahlenschutzrelevante Empfehlungen gibt. Die Arbeitsgruppe hat sich aus aktuellem Anlaß auch mit der Frage der Sicherheit von Laserpointern aus internationaler Sicht befaßt. Eine entsprechende Stellungnahme, die im Wesentlichen die bereits bestehenden Aussagen der Strahlenschutzkommission bestätigt, wird in Kürze publiziert werden. Auch ICNIRP empfiehlt Laserpointer für den allgemeinen Gebrauch auf die Laserklasse 2 oder darunter zu beschränken.

Im Rahmen der Zusammenarbeit mit dem „International EMF Project“ der Weltgesundheitsorganisation (WHO) fand am ISH eine internationale Tagung statt. In Arbeitsgruppen zur Physik und Biologie wurde mit einer umfassenden Überarbeitung der für den Strahlenschutz relevanten Befunde zur Exposition durch elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0–100 kHz begonnen. Ziel ist es, bis zum Jahr 2001 eine umfassende Risikobewertung zur Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder im gesamten Frequenzbereich von 0–300 GHz zu erstellen. ICNIRP wird dazu alle neuen Befunde aus den Bereichen Biophysik, Biologie und Epidemiologie bewerten. Diese Risikobewertung wird dann die Grundlage für eine Überarbeitung der Richtlinien zur Begrenzung der Exposition in diesem Frequenzbereich darstellen. Der

WHO soll diese Risikobewertung als Grundlage ihrer neuen Monographien zu elektromagnetischen Feldern dienen. Die Klassifizierung der Karzinogenität elektromagnetischer Felder wird durch die „International Agency for Research on Cancer“ durchgeführt werden.

Von der EU Kommission (GD V) wurden die 1998 publizierten Richtlinien der ICNIRP aufgegriffen und, nach Beratung durch eine Expertengruppe, als Grundlage für einen Entwurf einer Ratsempfehlung zum Schutz der Bevölkerung herangezogen. Dieser Entwurf wurde bereits in Arbeitsgruppen des EU Rates diskutiert, jedoch noch nicht vom Rat verabschiedet. Auf nationaler Ebene wurde der Entwurf ebenfalls beraten. Er steht nicht im Gegensatz zu der seit 1997 bestehenden 26. Verordnung zum Bundes-Immissionschutzgesetz und wird somit von den betroffenen Kreisen, in Hinblick auf eine europaweite Vereinheitlichung des Bevölkerungsschutzes, weitgehend begrüßt. International strittig ist derzeit, in welchem Umfang bislang unbestätigte wissenschaftliche Befunde berücksichtigt werden sollen. Hierzu wurden von verschiedenen Ländern Vorschläge zu Vorsorgeaspekten eingereicht. Der vorliegende Entwurf soll durch die Arbeitsgruppen des Rates auch 1999 weiter beraten und fortgeschrieben werden.

IAEA Safety Guide „Training in Radiation 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 mehrfach die Bedeutung von Aus- und Weiterbildung und speziellen Trainingsmaßnahmen in allen Strahlenschutzbereichen einschließlich der Sicherheit im Zusammenhang mit radioaktiven Abfällen betont. Deshalb wird von der IAEA die Entwicklung eines Safety Guide zu diesem Thema angestrebt.

Der Safety Guide soll dazu dienen, IAEA Mitgliedsländern bei der Festlegung von Mindestanforderungen für die Aus- und Weiterbildung von Personal im Bereich Strahlenschutz zu beraten. Die zuständigen nationalen Behörden, insbesondere in den Entwicklungsländern, sollen unterstützt werden bei der Bestimmung des Personalbedarfs und der Qualifikationsanforderungen in den verschiedenen Strahlenschutzbereichen sowie bei der Entwicklung eigener nationaler oder regionaler Trainingsprogramme.

Als Grundlage der Beratungen dienen eine Vielzahl von relevanten IAEA Dokumenten verschiedenster Bereiche, die alle u.a. Notwendigkeit, Art und Umfang des jeweils relevanten Strahlenschutz-Trainings ansprechen. Diese Dokumente wurden ausgewertet und es wurde unter Berücksichtigung der Forderungen der BSS zu Trainingsaspekten der Entwurf zu einem Safety Guide erarbeitet. Dieser Entwurf wurde in einer Advisory Group diskutiert und modifiziert.

Inhaltlich gliedert sich der Safety Guide sich in folgende Teilaspekte:

- Verantwortlichkeiten für Aus- und Weiterbildung im Strahlenschutz.
- Strategien zur Personalentwicklung.
- Qualifikation und Fachkompetenz für bestimmte berufliche Kategorien.
- Organisation von Trainingskursen, die stichwortartig ausgearbeitet wurden. Es wurde eine Liste beruflicher Kategorien erarbeitet und Mindestanforderungen bzgl. Training für die einzelnen Kategorien festgelegt. Ergänzend dazu wird in zwei Anhängen ein Stichwortverzeichnis und eine in Module gegliederte Auswahl an Trainingsschwerpunkten bereitgestellt.

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 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 durch den Rückbau von kerntechnischen Anlagen von großer Bedeutung ist bzw. in den nächsten Jahren sein wird.

Der zweite Workshop fand vom 23.–25. November 1998 zum Thema „ALARA in Industry and Research“ beim NRPB in Chilton statt. Über 60 Teilnehmer diskutierten die Optimierung des Strahlenschutzes in der Industrie, z. B. in der zerstörungsfreien Materialprüfung oder bei Bestrahlungsanlagen zu Sterilisationszwecken, und in der Forschung mit Schwerpunkt im biomedizinischen Bereich. In der Regel liegt dabei die Strahlenexposition der in diesem Bereich Beschäftigten weit unterhalb der Dosisgrenzwerte. Dennoch sind die Werte für einige Beschäftigte vergleichsweise viel höher als bei Beschäftigten in der kerntechnischen Industrie. Einen breiten Raum nahm auch die Diskussion ein zum Strahlenschutz überall dort, wo natürliche radioaktive Stoffe zur Exposition der Beschäftigten beitragen, z. B. in der Gas- und Ölindustrie, in der Thorium verarbeitenden Industrie oder durch Radon-Folgeprodukte im Bergbau und in Wasserwerken.

Der dritte Workshop ist vorgesehen zum Thema „ALARA and Internal Exposures“ Ende 1999 im Institut für Strahlenhygiene in Neuherberg. Die dabei vorgesehenen Themen reichen von der Schwierigkeit einer realistischen Dosisbestimmung bei internen Expositionen bis zu Risikoüberlegungen, potentiellen Expositionen und probabilistischen Ansätzen in diesem Bereich.

Peer Review – Internationale Gutachter im Fachbereich S

A. Schmitt-Hannig

Im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit ist es wichtig, daß sich der Fachbereich S mit der hier geleisteten wissenschaftlichen Arbeit mit anderen europäischen Institutionen ähnlicher Art und Aufgabenstellung im internationalen Vergleich messen kann. Deshalb wurde vom 26. bis 28. Oktober 1998 im Fachbereich S (ISH und IAR/ZdB) eine Begutachtung der Forschungsaktivitäten der beiden Institute durch eine Gruppe in- und ausländischer Experten (Peer Review) durchgeführt.

Dabei mußten folgende Aspekte der besonderen Situation des Fachbereichs einer Bundesoberbehörde berücksichtigt werden: die Erfüllung der „Amtsaufgaben“ erfordert eine wissenschaftliche Vorgehensweise und die im engen Zusammenhang damit stehenden „Forschungsaktivitäten“ sind zweckgebunden und vor dem Hintergrund der Ressortaufgaben des BMU zu sehen. Dadurch unterscheiden sich diese Forschungsaktivitäten von denen an Universitäten oder Großforschungseinrichtungen.

Die Mitglieder der Gutachtergruppe kamen von vergleichbaren europäischen Institutionen. Zwei der Gutachter sind Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats der Fachbereiche S und ST des BfS. Um die Gruppe über die wissenschaftlichen Arbeiten des Fachbereichs S zu informieren, wurde eine umfassende Beschreibung der Aufgaben und der zur Bewältigung dieser Aufgaben notwendigen Strukturen erarbeitet. Dabei wurde eingegangen auf die Aktualität und Originalität der Forschungsarbeiten im internationalen Vergleich (Veröffentlichungen, wissenschaftliche Veranstaltungen, Auszeichnungen, Gastwissenschaftler, nationale und internationale Zusammenarbeit), sowie auf das Verhältnis von Zielvorgaben und Ergebnissen (z. B. Umsetzung von Strahlenschutzaspekten in Verordnungen und Richtlinien). Folgende Forschungsschwerpunkte wurden zusätzlich in Vorträgen präsentiert: Strahlenbiologie

(Strahlenempfindlichkeit), Epidemiologie (Uranbergarbeiterstudie), der Bereich der nichtionisierenden Strahlen (elektromagnetische Felder, UV-Strahlung), interne Dosimetrie, die Leitstelle Inkorporation, Radioökologie, Überwachung der Umweltradioaktivität (Weiterentwicklung der Systeme IMIS und PARK), sowie Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verifikation des Vertrages über das umfassende Verbot von Nuklearversuchen.

Angesichts knapper Ressourcen und Personaleinsparungen gewinnt die Einwerbung von Drittmitteln (z. B. von anderen Behörden/Länderministerien oder von der Europäischen Kommission) für die Bearbeitung von Forschungsthemen oder von Studienaufträgen immer mehr an Bedeutung.

Neben der „Eigenforschung“ des Fachbereichs bindet auch die Planung, Vergabe und fachliche Betreuung von sog. Ressortforschungsvorhaben im Auftrag des BMU nicht unerhebliche Personalkapazitäten (z. Z. ca. 60 Vorhaben, die von Universitäten und Forschungseinrichtungen bearbeitet werden).

Die Begutachtung hilft, den Stand der Forschungsaktivitäten im internationalen Umfeld besser einschätzen zu können. Insbesondere dienen die Empfehlungen der Gutachtergruppe dem weiteren Ausbau, der Modifizierung oder Reduzierung von Aufgaben und Aktivitäten, sowie der Verbesserung der Kooperation innerhalb des Amtes, mit nationalen und europäischen Institutionen, sowie internationalen Organisationen.

IAEA Safety-Report: „Design and Implementation of Radiation Monitoring Programs for Protection of the Public“

E. Wirth

Die Internationale Atomenergieorganisation (IAEA) plant, Empfehlungen zur Entwicklung und Durchführung von Emissions- und Immissions-Programmen für kerntechnische Anlagen und andere Emittenten zu publizieren. Zur Erarbeitung eines

ersten Entwurfs einer solchen Empfehlung, traf sich eine kleine Consultant Group vom 16. bis 20. November 1998 in Wien. Nach der IAEA wird unterschieden zwischen sogenannten „Licensed“ und „Registered Facilities“. Zur ersteren Gruppe gehören vor allem kerntechnische Anlagen, für die ein Emissions- und Immissions-Messprogramm vorzusehen ist. Zur letzteren Gruppe gehören Forschungseinrichtungen, nuklearmedizinische Einrichtungen und ähnliche, für die in der Regel eine Überwachung der Emission ausreichend ist. Ähnlich wie in der REI werden für die Emissionsüberwachungen kerntechnischer Anlagen sowohl kontinuierliche Messungen der Abgaben zur Störfallvorsorge und Filtermessungen zur Bilanzierung vorgeschlagen. Bei der Umgebungsüberwachung sollen die Expositionspfade externe Strahlung, Inhalation und Ingestion gebührend berücksichtigt werden. Der erste Entwurf soll im Februar 1999 von einer weiteren Consultant Group und anschließend von einer Advisory Group beraten werden. Die Veröffentlichung dieser Empfehlung ist für das Jahr 2000 vorgesehen.

EU-Forschungsvorhaben: „Long Term Dynamics of Radionuclides in Seminatural Environments“

M. Steiner, E. Wirth

Die Europäische Kommission fördert seit Anfang 1996 das Forschungsvorhaben „Long Term Dynamics of Radionuclides in Seminatural Environments“. An diesem Projekt, das bis Juni 1999 laufen wird, sind neben dem Fachgebiet Radioökologie des ISH, sieben weitere Institute aus sieben europäischen Ländern beteiligt. Ziel des oben genannten Forschungsvorhabens ist es, auf modularer Basis ein fortgeschrittenes radioökologisches Modell zur Prognose des Langzeitverhaltens von Radionukliden insbesondere von Cäsium-137 in Wäldern zu entwickeln. Aufgrund unserer Untersuchungen konnten wir ein Teilmodell entwickeln, das

- die Migration von Cäsium in den obersten fünf Auflagehorizonten des Waldes beschreibt,
- die Lokalisation der Myzelntiefe einzelner Pilze in den verschiedenen Horizonten berücksichtigt
- und die Aufnahme von Radiocäsium aus dem Waldboden quantifiziert.

Dieses Teilmodell soll in ein Gesamtmodell integriert werden, mit dem sich langfristig die Dynamik von Radionukliden in Wäldern beschreiben läßt.

Auszeichnungen

Nachdem bereits 1997 Herr W. Rühm für seine Untersuchung zum Verhalten von Radionukliden in Wäldern mit dem „Award of the Japanese Government for Foreign Scientists“ ausgezeichnet wurde, ging in diesem Jahr der Preis an Herrn M. Steiner. Mit diesem Preis ist ein siebenwöchiger Studienaufenthalt an dem „National Institute of Radiological Sciences“ in Izozaki, Japan, verbunden. Als Ergebnis des ersten Studienaufenthaltes konnten wir mittlerweile drei Publikationen einreichen, die sich mit der Quantifizierung der Technetium-Freisetzung aus Tschernobyl, mit dem Verhalten von Technetium in der Umwelt und mit einer vergleichenden Betrachtung der Aufnahme von stabilem und radioaktivem Cäsium durch Pilze und grünen Pflanzen auf Waldstandorten befassen. Diese Studien wurden in Izozaki weitergeführt und auf weitere Radionuklide und stabile Elemente ausgedehnt.

Unterstützung der slowenischen atomrechtlichen Aufsichtsbehörde

J. Peter

Als Stipendiaten der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEA) hatten zwei Mitglieder der Slovenian Nuclear Safety Administration (SNSA) im November Gelegenheit, die Arbeit der ZdB sowie Aufbau und Funktionsweise des IMIS-Systems eine Woche lang kennenzulernen.

Der Besuch führt die langjährige Zusammenarbeit mit dieser Regierungsbehörde fort, die in Slowenien die Bereiche der Überwachung der Umweltradioaktivität, des Notfallschutzes und der Strahlenschutzvorsorge abdeckt.

Die SNSA baut zur Zeit ein integriertes Radioaktivitätsmeßnetz auf, das bereits Messungen der Gammaortsdosisleistung an etwa 40 Punkten und die Bestimmung aerosolgetragener Einzelnuklidaktivitäten an zwei Punkten ermöglicht. In Zukunft sollen durch die Teilnahme verschiedener Behörden und Institute auch Messungen in Nahrungs- und Futtermitteln sowie Prognoserechnungen der atmosphärischen Ausbreitung einbezogen werden. Das besondere Interesse der Besucher galt deswegen den beiden Entscheidungshilfssystemen PARK und RODOS, die am Institut für Strahlenhygiene bzw. in der GSF praktisch vorgeführt wurden. Eine Übersicht über die aktuelle radiologische Lage in Slowenien ist im Internet unter „<http://www.sigov.si/ursjv/index.html>“ jederzeit abrufbar.

IRIS Rußland

H. Leeb, D. Helms, W. Weiss

Der Aufbau von IRIS Rußland wurde im Jahr 1998 weitergeführt:

Neben den bereits seit einiger Zeit einbezogenen Kraftwerksstandorten Smolensk und Novoworonesch und der Region Moskau wurde die Umgebung des KKW Sosnowy Bor bei St. Petersburg mit 25 ODL-Meßstellen neu in IRIS einbezogen und in Betrieb genommen. Ab sofort ist diese Region auch in den wöchentlich stattfindenden Informationsaustausch mit nunmehr insgesamt 72 Meßpunkten einbezogen.

Die Informationsübermittlung erfolgt nunmehr über die von der GRS betriebene Satellitenverbindung. Damit können nicht unerhebliche laufende Kosten eingespart werden.

Ein weiterer wichtiger Schwerpunkt der Arbeiten war die Umstellung auf eine neue Systemplattform auf PC-Basis mit Windows NT als Betriebssystem am Staatskomitee für Umwelt der Russischen Föderation. Die deutsche Seite stellte die Hard- und Standardsoftware und unterstützte die russische Seite bei der Konzeption. Dadurch ist eine weitgehende Kompatibilität mit dem migrierten IMIS und den Planungen der EU sichergestellt. Die Programmierung erfolgte in Eigenleistung durch die russische Seite. Das neue System ist seit November in Betrieb. **Abbildung S-26** zeigt eine auf der neuen Basis erstellte Karte mit ODL-Daten von allen verfügbaren Standorten.

Entsprechend den Absprachen mit dem Staatskomitee für Umwelt der RR ist vorgesehen, im nächsten Jahr das KKW Kola in IRIS einzubeziehen.

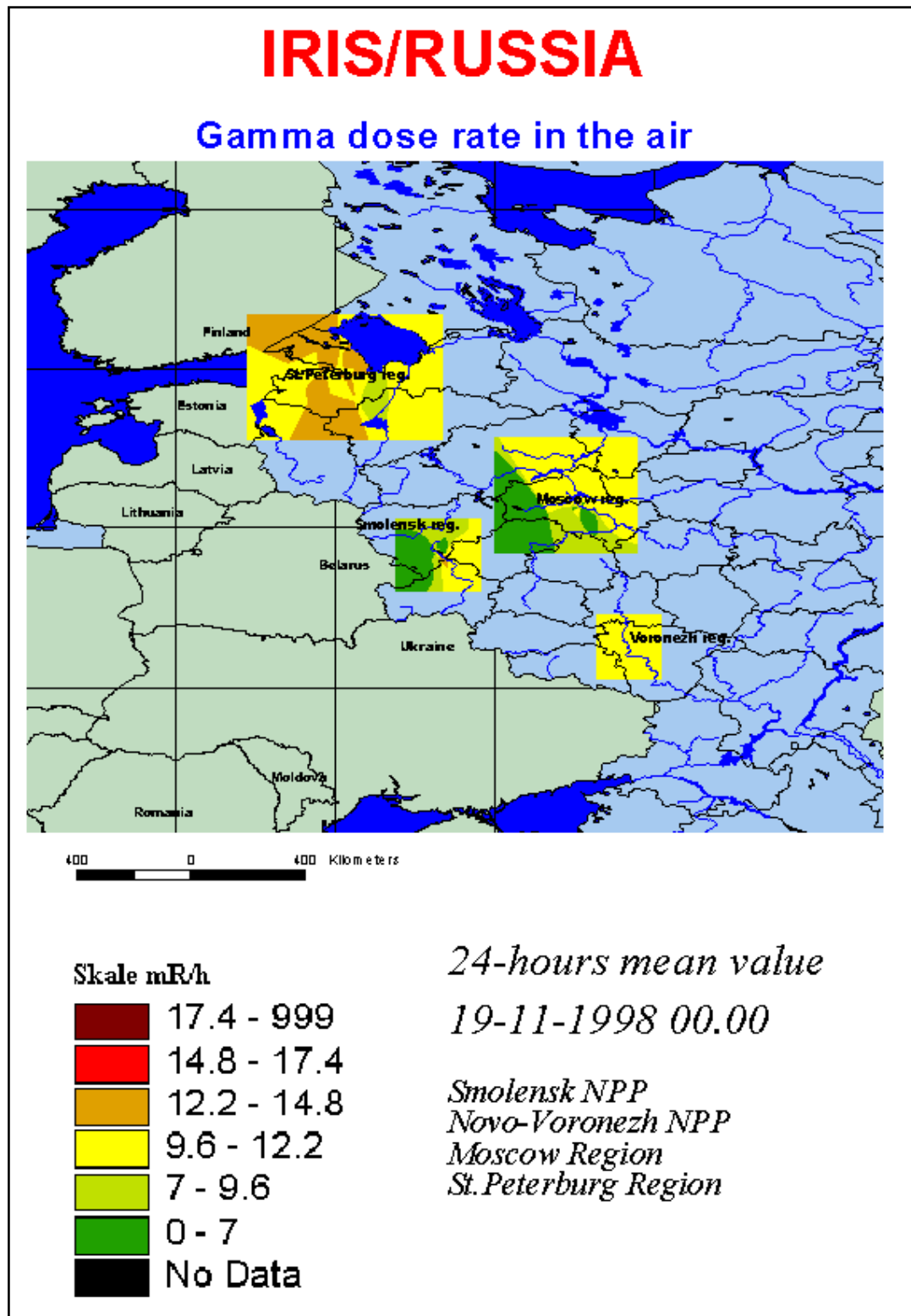


Abbildung S-26
Karte IRIS/RUSSIA

Die wichtigste Grundlage für die Tätigkeit des Instituts ist das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG). Die Schwerpunkte der laufenden Arbeit liegen in der

- Überwachung der Radioaktivität der Gamma-Ortsdosisleistung (ODL) und der Luft in der Bundesrepublik
- technischen Neukonzeption des ODL Meßnetzes einschließlich der In-situ-Meßfahrzeuge
- fachlichen Unterstützung des BMU bei der Weiterentwicklung des Integrierten Meß- und Informationssystems IMIS, Einleitung des Ausschreibungsverfahrens
- Betrieb des IMIS Systems im BMU
- Unterstützung des technischen Sekretariats der UN Organisation in Wien zur Umsetzung des umfassenden Kernwaffenteststoppabkommens und Planungen zum Aufbau eines Aerosol-Meßsystems auf der Station Schauinsland
- Weiterentwicklungen und Implementierung der im Auftrag der Kommission der Europäischen Gemeinschaft entwickelten Software CoDecS zum grenzüberschreitenden bilateralen und internationalen Austausch von Daten der Umweltradioaktivität beim BMU und im BMI Lagezentrum,
- Erarbeitung von Konzepten und Systemen zur Abstimmung von unterschiedlichen Umweltmeßprogrammen, der Zusammenführung von Meßdaten von IMIS, REI und des Katastrophenschutzes, des Austauschs von ODL Daten mit der KFÜ Systemen der Länder 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 im Berichtsjahr auf die technische Neukonzeption des ODL-Meßnetzes einschließlich der In-situ Meßfahrzeuge des ODL-Meßnetzes des BfS. Die vom BZS im Vorjahr übernommene Rechnertechnik und Anwendungssoftware wurde vollständig ersetzt. Umfangreiche Schulungsmaßnahmen begleiteten die Erneuerung der technischen

Systeme. Für die Verbesserung der Kommunikation zwischen den Stationen und den Rechnern in den Meßnetzknotten sowie zur Reduzierung des technischen Aufwands auf den Stationen wurde ein Prototyp entwickelt, dessen Praxistauglichkeit in einem Feldversuch zur Zeit noch erprobt wird.

Die Verantwortung für den Aufbau und Betrieb des computergestützten Informationssystems IMIS-IT lag auch 1998 bei der Arbeitsgruppe (AG) IMIS-IT, deren Leiter und deren Projektbüro am IAR angesiedelt sind. Im Berichtsjahr hat die AG IMIS-IT die Planungen für die technische Migration von IMIS-IT so weit konkretisiert, das im Oktober durch Z 1.4 des BfS das Ausschreibungsverfahren eingeleitet werden konnte. Der BMU hat für die Begleitung der Ausschreibung eine Bewertungskommission mit Mitgliedern aus dem Bundes- und Länderbereich eingerichtet, deren Vorsitz der Leiter der AG IMIS-IT übernommen hat.

Die AG IMIS-IT hat die Errichtung bzw. dem Ausbau des IRIS Systemen in der Russischen Föderation weiter vorangetrieben. Zum Teil werden diese Aktivitäten zukünftig durch die Kommission der Europäischen Gemeinschaft im Rahmen des TACIS Programms finanziert. Dies betrifft z. B. die Einrichtung von Frühwarnmeßringen um die Kernkraftwerke Kurks, Kalinin und Balakovo und die Bemühungen der EU zur Schaffung eines Europäischen Datenverbunds für die Zwecke des Notfallschutzes.

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 Station Schauinsland wurde vom Technischen Sekretariat der Vertragsorganisation in Wien (PTS) als geeignet anerkannt. Die Betriebsparameter der Radionuklidmeßeinrichtungen sowie die Spezifikationen für die Abnahme wurden im Zusammenwirken mit dem PTS verbindlich festgelegt. Die Ausschreibungsunterlagen für die Beschaffung der Aerosol-Meßeinrichtung

wurde eingeleitet. Die Station Schauinsland wird nach einem Beschluß der Vorbereitungskommission für das umfassende Kernwaffenteststoppabkommen in den kommenden Jahren auch mit einer Edelgas-Meßeinrichtung ausgestattet werden.

Das IAR hat sich im laufenden Jahr aktiv an der Weiterentwicklung des ECURIE und des EURDEP Systems durch die Kommission der Europäischen Gemeinschaft beteiligt. Die neue CoDecS Software für ECURIE für die Entgegennahme, Verarbeitung und die nationale Verteilung solcher Meldungen sowie für die Integration des BMI Lagezentrums in den Datenfluß wurde am IAR auf Praxistauglichkeit getestet. Die technischen Voraussetzungen für den Einsatz der Software und die Installation der Systeme beim BMU und beim BMI Lagezentrum wurden geschaffen. Ergänzend zu diesen Entwicklungen wurden in Zusammenarbeit mit der IAEA und der OECD/NEA die fachlichen und technischen Modalitäten des internationalen Informationsaustauschs in radiologischen Notfällen einer kritischen Überprüfung unterzogen und Vorschläge zur Verbesserung der gegenwärtigen Situation gemacht.

Der Abschlußbericht 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 1998 im LAA-HA zustimmend zur Kenntnis genommen. Zur Projektbegleitung des Vorhabens zum Einsatz des Entscheidungsunterstützungssystems RODOS/RESY an zentraler Stelle wurde unter der Leitung des IAR eine Bund-Länder Arbeitsgruppe eingerichtet, deren wichtigste Aufgabe die Erstellung eines fachlichen und technischen Gesamtkonzepts war. Die Arbeiten konnten i. w. zum Jahresende abgeschlossen werden.

Die wichtigsten Ergebnisse der laufenden Arbeiten im Jahre 1998 werden im folgenden dargestellt.

Die Cäsium-137 Aktivitätskonzentrationen der Luft an der Station Schauinsland sind vergleichbar mit dem Pegel vor dem Reaktorunfall in Tschernobyl. In der KW 23

wurde ein stark erhöhter Wert in Höhe von $17.7 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ beobachtet, der auf eine Freisetzung aus einem schrottverarbeitenden Betrieb in Algeciras, Spanien, zurückzuführen war und in großen Teile Europas nachweisbar war. Der Grundpegel von Krypton-85 ist dem Trend der Vorjahre folgend weiter angestiegen, allerdings mit jetzt einer etwas größeren jährlichen Rate. Dies ist auf die Vergrößerung der Freisetzungen der europäischen Wiederaufbereitungsanlagen La Hague und Sellafield zurückzuführen.

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 qualifiziertem Personal innerhalb von 30 Minuten sicherstellt. Im Verlaufe von Ereignis-

sen mit länger anhaltenden großräumigen Erhöhungen der natürlichen Umweltradioaktivität konnten auch im Jahr 1998 die technischen und organisatorischen Abläufe in den betroffenen Meßnetzen und am IAR wiederholt unter den Bedingungen des Intensivbetriebs von IMIS erprobt werden. Außerdem nahm das IAR als Leitstelle mit den In-situ-Meßsystemen an einer bundesweiten „§ 3 Übung“ von IMIS teil.

Auf Wunsch des BMU wurden auch im Jahr 1998 durch das IAR täglich Daten der Gammaortsdosisleistung 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 Austausch von ODL Daten aller KFÜ Systeme der Länder und des ODL Meßnetzes des BfS wurde ein technisches Verfahren entwickelt und mit den Ländern abgestimmt.

Arbeitsschwerpunkte/Highlights des IAR im Jahr 1998:

1. Fertigstellung der Ausschreibungsunterlagen und Einleitung des Ausschreibungsverfahrens für das neue IMIS
2. Technische Erneuerung der Einrichtungen des vom BZS übernommenen ODL Meßnetzes einschließlich der In-situ Meßfahrzeuge
3. Konzeption und Ausschreibung der Ausstattung der Station Schauinsland mit einer Meßeinrichtung, die den internationalen Vorgaben des Umfassenden Kernwaffenteststoppabkommens entspricht
4. Umsetzung von Konzepten zur Abstimmung von unterschiedlichen Umweltmeßprogrammen sowie Entwicklung von technischen Systemen zur Zusammenführung von Meßdaten der Umweltradioaktivität von IMIS, REI und des Katastrophenschutzes.

Betrieb des ODL-Meßnetzes

*U. Stöhlker, A. Bock, H. Doll, P. Eykmann,
M. Käfer, W. Raach, H. Schneider,
D. Singer, F. Skau, W. Voß, F. Weiler*

Das ODL-Meßnetz besteht aus 6 Meßnetz-knoten mit der Zentrale in Freiburg, der Ersatzzentrale in Berlin, der Reparatur- und Entwicklungszentrale in Oberschleiß-heim und den übrigen Meßnetz-knoten in Salzgitter, Bonn und Rendsburg. In den Meßnetz-knoten sind durchschnittlich 8 Mitarbeiter tätig, die durch die Stabsstelle in Bonn in ihrer Aufgabenerledigung unter-stützt werden.

Nach Übergang des ODL-Meßnetzes zum 1. 7. 1997 zum BfS lagen neben dem ope-rationellen Betrieb die Arbeits- und Ent-wicklungsschwerpunkte im Jahr 1998 in:

- der Umstellung auf eine neue Rechner-plattform,
- der Migration der Anwendungssoft-ware im Rahmen der Aufgaben gemäß StrVG,
- der Entwicklung eines neuen Meßwert-senders,
- der Schaffung der Voraussetzungen zur zentralen Reparatur von ODL-Son-den in der Reparatur- und Entwick-lungszentrale in Oberschleißheim,
- dem Beginn eines Feldversuchs zur Prüfung der Eignung der neuen Meß-wertsender unter den realen Bedin-gungen des Einsatzes unter Beteili-gung der KfÜ-Betreiber der Länder,
- der Entwicklung eines Datenaus-tauschverfahrens mit den KfÜ-Betrei-bern der Länder,
- der Überarbeitung der Richtlinien zur Erfassung von Meßstellenstandorten und der Bewertung der Standorte nach radiologischen Gesichtspunkten
- der Integration des Wetter-Radar des DWD in die Knotenrechner
- der Entwicklung eines Datenweiterlei-tungs- und Prüfverfahrens von In-Situ-Daten
- der Beschaffung neuer In-Situ-Meß-fahrzeuge konform der Ausstattung der Länder-Meßfahrzeuge
- der Ausstattung der Meßnetz-knoten mit LINUX- und Windows-APC,
- der Anbindung der Meßnetz-knoten in das BfS-Netzwerk,
- der Festlegung des betrieblichen und organisatorischen Rahmens im Einver-nehmen mit Z,
- der Umstellung auf ein neues Rufbe-reitschaftssystem
- der Abstimmung eines Telekomab-rechnungsverfahrens in Zusammenar-beit mit Z,
- dem Abschluß der Personalgewin-nung,
- der Präzisierung der Aufgabenvertei-lung innerhalb und zwischen den Meß-netz-knoten,
- der Schulung des Personals in sämt-lichen betrieblichen, organisatorischen und DV- sowie meßtechnischen und radiologischen Belangen,
- dem Umzug aus den Warnamtsliegenschaften in die BfS-Liegenschaften in Oberschleißheim und Rendsburg.

Die Umstellung auf die neue Rechnerplatt-form zusammen mit dem Abschluß der ersten Stufe der Migration der Anwen-dungssoftware wurde zum 1. 3. 1998 voll-zogen. Die damit verbundene Abschalt-ung der WADIS-Alt-Systeme wurde im Einvernehmen mit den KfÜ-Betreibern der Länder vollzogen. Der bis zu diesem Zeit-punkt bestehende WADIS-KfÜ-Datenaus-tausch basierte auf den WADIS-Alt-Rech-nern. Die neue Lösung ist INTERNET-basierend und ermöglicht den KfÜ-Betrei-bern einen plattformunabhängigen Zugriff auf die Daten des ODL-Meßnetzes. Die Migration der Anwendungssoftware be-inhaltet auch die Integration der In-situ-Daten der Meßfahrzeuge mit dem Ziel der synoptischen Prüfung von ODL- und In-situ-Daten.

Sämtliche Maßnahmen zur Integration des ODL-Meßnetzes in das BfS wurden in enger Kooperation mit der Zentralabtei-lung des BfS durchgeführt, mit den Schwerpunkten in den Bereichen Organi-sation, Personal, Haushalt und innerer Dienst. In Zusammenarbeit mit dem Orga-nisationsreferat wurden die Aufgaben innerhalb der Meßnetz-knoten, der Meß-

netz-knoten untereinander sowie das Zu-sammenwirken mit der Stabsstelle präzi-siert und die Weichen für die künftige Personalausstattung im ODL-Meßnetz ge-stellt. Basierend auf dem Konzept zur Übernahme des ODL-Meßnetzes resultiert aus diesen Präzisierungen eine organisa-torisch und betriebliche Basis und somit die kurzfristige Konsolidierung im Rahmen der Erfüllung der Aufgaben des ODL-Meß-netzes gemäß StrVG.

Die Entwicklung eines neuen Meßwert-senders wurde abgeschlossen. Es erfolgte die Auslieferung einer Null-Serie be-stehend aus 20 Meßwertsendern. Am 1. 10. 1998 wurde mit dem Feldversuch begonnen, mit dem Ziel, die Tauglichkeit der neuen Hard- und Software unter den Bedingungen des routinemäßigen Einsat-zes vor Ort zu testen. Der Feldversuch beinhaltet auch die Integration sogenann-ter intelligenter Sonden. Die Dauer des Feldversuchs ist für 6 Monate geplant. Mit beteiligt an dem Feldversuch sind die Län-der Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Niedersachsen und Rheinland-Pfalz. Be-reits in der Spezifikationsphase wurde ge-meinsam mit den Ländern ein Konzept des Parallelzugriffs auf die Meßwertsender erarbeitet. Demzufolge wird es künftig möglich sein, daß die Länder neben dem Datenaustausch über die Meßnetz-zentrale in Freiburg direkt auf die Meßwertsender in der Umgebung kerntechnischer Anla-gen zugreifen können bzw. Spontanmel-dungen von diesen Meßstellen empfan-gen, womit die Reaktionszeit deutlich minimiert wird. Bei Einsatz der intelligenten Sonden erfolgt die Kommunikation zwischen Meßwertsender und Sonde über eine standardisierte, serielle Schnittstelle. Damit ergibt sich künftig die Möglichkeit des Einsatzes von Sonden unterschied-licher Hersteller und beliebiger Meßprinzi-pien. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Untersuchung des Einsatzes von szin-tillations- und halbleiterbasierenden De-tektoren. Neben einer erhöhten Empfind-lichkeit bieten diese Detektortypen auch die Möglichkeit der Diskriminierung von Beiträgen zur Gamma-Ortsdosisleistung natürlichen und künstlichen Ursprungs und spielen insofern eine wesentliche Rolle bei der Optimierung der Frühwarnei-genschaften des ODL-Meßnetzes.

In-situ-Messungen im Rahmen der bundesweiten IMIS-Übung am 14./15.09.1998

J. Bieringer, P. Bieringer

Am 14 und 15.09.1998 wurde eine bundesweite IMIS-Übung mit sektoriertem Intensivbetrieb bzgl. der zu beprobenden Umweltbereiche durchgeführt. Betroffen waren für den Bereich nach § 3 StrVG die Bundesländer, wobei u. a. Umweltbereiche wie Milch, Blattgemüse aus Freilandanbau, Weide- und Wiesenbewuchs/Futtermittel zu beproben waren. Zusätzlich wurde die Bodenkontamination mittels In-situ- γ -Spektrometrie an ausgewählten Orten aus dem Routinemessprogramm bestimmt.

Ziele der Übung waren in diesen Bereichen:

- Test der Verfügbarkeit der Meßeinrichtungen, Überprüfung der Probenahmeverfahren und der Probenaufbereitung (§ 3-Bereich) unter Intensivbetriebsbedingungen
- Test des Datenflusses und damit der zeitlichen Verfügbarkeit der Daten in IMIS

Zusätzlich wurde an ausgewählten In-situ-Meßorten der Länder die Bodenkontamination mit den In-situ-Meßsystemen des BfS – im Sinne von Vergleichsmessungen – bestimmt.

Diese Messungen wurden mit folgender zusätzlicher Zielsetzung durchgeführt:

- Überprüfung des zur Zeit nutzbaren Weges zur Datenübermittlung unter Intensivbetriebsbedingungen und damit der zeitlichen Verfügbarkeit der Daten in IMIS
- Durchführung von Vergleichsmessungen mit den Meßsystemen der Länder (Qualitätssicherung).

Für die Durchführung der Vergleichsmessungen waren im Vorfeld detaillierte Absprachen bzgl. der Meßorte, die von den Fahrzeugen der Länder und des BfS angefahren werden sollten, notwendig. Zu diesem Zweck wurden durch die Länder Planskizzen und Beschreibungen der

Anfahrtswege zu den gemeinsamen Meßorten zur Verfügung gestellt. Da die von den einzelnen Meßnetzknotten abzudeckenden Gebiete immer mehrere Bundesländer umfassen, wurde die Routenplanung des BfS so durchgeführt, daß Vergleichsmessungen mit möglichst vielen Ländern durchgeführt werden konnten.

Es wurden folgende Vorgaben zur Durchführung der In-situ-Messungen gemacht. Das Nichteinhalten der Meßzeit und der Relaxationslänge führte zum Abweisen des Datensatzes für IMIS (Status: 'unplausibel'):

- An beiden Tagen der Übung waren pro Tag je nach den zurückzulegenden Entfernungen 3–4 Meßorte anzufahren.
- Als Zeitzone war UTC-Zeit zu verwenden.
- Die Meßzeit war mit jeweils 30 Minuten festgelegt.
- Als Depositionsart war 'nasse Deposition' (Relaxationslänge: 10 mm) zu verwenden.
- Es wurden keine Präparatemessungen durchgeführt, die Durchführung der Messungen erfolgte wie im Routinebetrieb.

- Für die Meßsysteme der Länder wurde die Durchführung einer Standardkalibrierung der Systeme, die zur Kontrolle der Systemparameter wie Energiekalibrierung, Energieauflösung und Nachweiswahrscheinlichkeit dient, zu Beginn jeden Übungstages gefordert. Bei den Systemen des BfS erfolgt eine derartige Standardkalibrierung automatisch vor jeder Messung.

- Von allen Beteiligten wurde gefordert, die Übermittlung der Daten an das IAR bzw. den jeweiligen Meßnetzknotten direkt im Anschluß an die Messung durchzuführen.

Die Übermittlung der Daten erfolgt bei den Systemen der Länder per Modem/C-Netz (D-Netz), bei den zur Zeit noch im BfS im Einsatz befindlichen Meßfahrzeugen fernmündlich zum jeweiligen Meßnetzknotten. Dort wird das Meßergebnis in entsprechende Protokollblätter aufgenommen und manuell in den Kommunikationsrechner eingegeben. Die Kommunikationsrechner wurden in 30-Minuten-Intervallen nach neuen Datensätzen durchsucht und diese zum IAR kopiert. Die beiden am IAR für die Entgegennahme der Länderdaten zur Verfügung stehenden Empfangs-PCs wurden ebenfalls in 30-Minuten-Intervallen

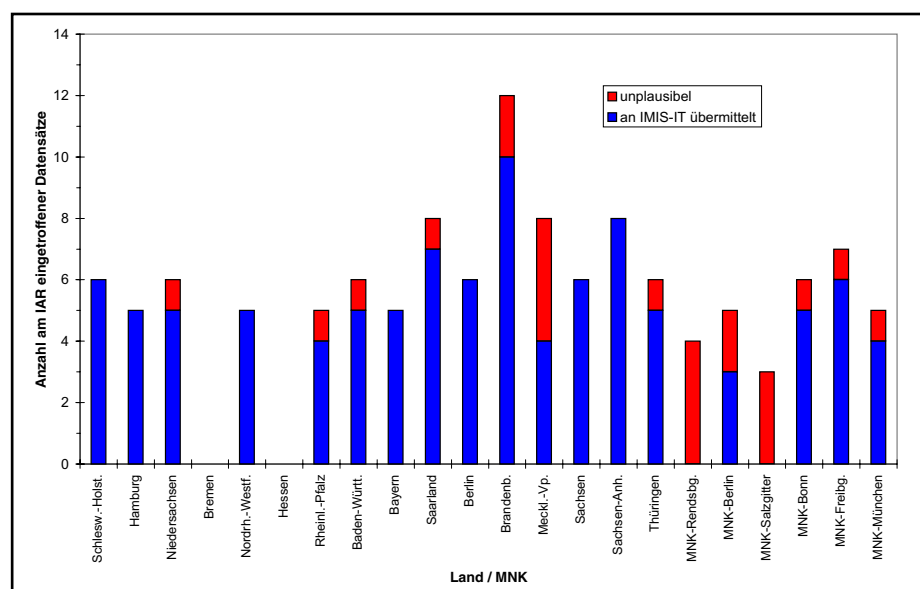


Abbildung 27:

Anzahl der im Verlauf der Übung an das IAR übermittelten Datensätze und deren Stati für die einzelnen Bundesländer bzw. Meßnetzknotten

nach neu eingetroffenen Datensätzen durchsucht. Die weitere Bearbeitung der Datensätze (Plausibilitätsprüfung, Eintrag in die lokale Datenbank, Übermittlung an IMIS-IT) erfolgte stündlich.

Der Ablauf der Übung ist insgesamt als positiv zu bewerten. Es gingen im Verlauf der beiden Übungstage 122 Datensätze am IAR ein, von diesen wurden 99 mit dem Status 'plausibel' an IMIS-IT übergeben. In **Abbildung 27** ist die Anzahl der an das IAR übermittelten Datensätze und deren Stati für die einzelnen Bundesländer bzw. Meßnetzknotten dargestellt. Hessen konnte aufgrund eines Defekts in der Meßkette keine Daten liefern, Bremen hatte im Rahmen der Übung offenbar keine In-situ-Messungen geplant. Ebenfalls aufgrund eines Defekts in der Meßkette, der am ersten Übungstag zu unplausiblen Meßwerten führte, hat der MNK-Salzgitter am zweiten Übungstag keine weiteren Messungen mehr durchgeführt. Das Land Brandenburg hat mit zwei Meßfahrzeugen an der Übung teilgenommen.

Die Vergabe des Status 'unplausibel' erfolgte zumeist aufgrund von zu großen Halbwertsbreiten bei den Kalibriermessungen. Dieser Parameter wird im Rahmen der Plausibilitätsprüfung anhand von Erfahrungswerten überprüft. Die restriktive Handhabung der Statusvergabe bzgl. dieses Parameters ist darin begründet, daß bei großen Halbwertsbreiten, die gleichbedeutend mit einer schlechten Energieauflösung sind, davon ausgegangen werden muß, daß bei einem – im Ereignisfall anzunehmenden – komplexen Spektrum Fehlidentifikationen auftreten bzw. falsche Aktivitätswerte errechnet werden. Weiterhin führten in Einzelfällen die Nichteinhaltung der vorgegebenen Meßzeit, offensichtliche Eingabefehler bei der manueller Dateneingabe in den Meßnetzknotten und Messungen, die mit einem Kalibrier-Präparat durchgeführt wurden, zur Vergabe des Status 'unplausibel'.

Wie schon in der Vergangenheit beobachtet, traten mehrmals Schwierigkeiten bei der Datenübertragung per C-Netz aus eini-

gen Regionen auf (Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz). Diese Problematik entsteht durch Lücken in den Funknetzen und kann zur Zeit nur durch geeignete Wahl des Standortes für die Datenübertragung umgangen werden.

Die zeitliche Verfügbarkeit der Daten der BfS-Systeme hat sich gegenüber früheren Übungen zwar verbessert (BfS-Systeme), jedoch stellt die manuelle Eingabe der Daten immer noch eine sehr große Fehlerquelle dar. An einer kurzfristigen Lösung dieses Problems wird zur Zeit gearbeitet.

Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Meßanordnungen (BfS: kollimiert/ Länder: unkollimiert) und der statistischen Unsicherheiten (z. B. für K-40: BfS 10–20 % Meßunsicherheit, Länder 5–10 % Meßunsicherheit) kann das Ergebnis der Vergleichsmessungen zwischen den Systemen des BfS und der Länder als zufriedenstellend angesehen werden.

Spurenanalyse der aerosolgebundenen Radioaktivität an den Probenahmeorten Schauinsland und Freiburg

J. Bieringer, P. Bieringer, C. Schlosser, S. Schmid

Die Überwachung der bodennahen Luft im Hinblick auf künstliche Radioaktivität wurde 1998 fortgeführt. Die Probenahme erfolgte im Routinebetrieb wöchentlich an der Meßstation Schauinsland (1200 m ü. N. N.), die gammaspektrometrische Messung und Auswertung der Daten wurden am Institut in Freiburg durchgeführt. Im Rahmen der Vorbereitungen für ein Verifikationssystem für einen umfassenden Kernwaffenteststop werden die von den Aerosolfiltern aufgenommenen Spektren wöchentlich als Rohdaten an ein Prototyp-IDA in Arlington (USA) übermittelt [1].

Der Normalpegel der Aktivitätskonzentrationen des Cs-137 in den Wochenproben waren 1998 mit den Werten der vorange-

gangenen Jahre vergleichbar. Der Mittelwert der Aktivitätskonzentration lag bei $1,0 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Außer Cs-137 wurden 1998 keine weiteren künstlichen Radionuklide nachgewiesen.

Der Maximalwert der Aktivitätskonzentration von Cs-137 wurde in der 23. Kalenderwoche (1.–8. Juni 1998) mit $17,7 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ermittelt. Es ist der höchste Wert in den letzten 10 Jahren. Eine Erhöhung der Cs-137 Aktivitätskonzentration in der Luft im Zeitraum 1. bis 8. Juni 1998 wurde an einer großen Anzahl von Meßstationen Italiens, Frankreichs, Spaniens, der Schweiz, der Tschechischen Republik, der Niederlande und Süddeutschlands beobachtet. Die höchsten Wochenmittelwerte lagen im Bereich einiger mBq/m^3 und wurden in Südfrankreich und Norditalien beobachtet. Im nördlichen Teil Deutschlands wurde keine Erhöhung gegenüber dem Grundpegel gemessen, der bei etwa $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ liegt. Zum Vergleich: nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl wurden in Süddeutschland Tagesmittelwerte der Cs-137 Aktivitätskonzentration der Luft von bis zu $10 \text{ Bq}/\text{m}^3$ Luft beobachtet, im Norden

Deutschlands um oder unter $1 \text{ Bq}/\text{m}^3$ Luft. Die Quelle der Cs-137 Emission war das spanische Stahlwerk Acerinox in Algeciras. In dem Zeitraum Ende Mai und Anfang Juni wurde dort beim Recycling von Stahlschrott ein medizinisch-radiotherapeutischer Cs-137 Strahler in einem Hochhofen eingeschmolzen und dabei das leichtflüchtige Cäsium freigesetzt. Die über Deutschland gemessene Cs-137 Aktivitätskonzentration war so gering, daß sich weder durch die Inhalation der Luft noch durch die Ablagerung des Cs-137 auf dem Boden eine signifikante Erhöhung der Strahlenexposition für die Bevölkerung ergab [2].

Die Wochenmittelwerte der Radiojodfraktionen lagen wie in den vergangenen Jahren unterhalb der Nachweisgrenzen von ca. $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ für aerosolgebundenes und $1 \text{ mBq}/\text{m}^3$ für elementares bzw. organisch gebundenes Jod – bezogen auf I-131.

In Freiburg betrug die durch Niederschläge und trockene Depositionen dem Boden insgesamt zugeführte Cs-137 Aktivität im Berichtszeitraum $1,3 \text{ Bq}/\text{m}^2$, der entsprechende Beitrag für Be-7 lag bei $690 \text{ Bq}/\text{m}^2$.

Ende 1998 wurde ein neuer Low-Level α/β - Meßplatz in Betrieb genommen. Die gemessenen Nulleffektzählraten sind $0,05 \text{ cpm}$ für die Messung von α -, und $0,7 \text{ cpm}$ für die Messung von β -Aktivitäten. Mit dem Meßplatz sollen in Zukunft routinemäßig Messungen der Sr-89/90 und der Pu-Aktivitätskonzentrationen in Luft- und Niederschlagsproben gemessen werden.

[1] Zähringer, M.
Beitrag des IAR zur Verifikation des Vertrages über das umfassende Verbot von Nuklearversuchen. BfS Jahresbericht 1997, S. 83

[2] Bundesamt für Strahlenschutz
Auftreten erhöhter Werte der Cäsium-137-Aktivitätskonzentration der Luft.
http://www.bfs.de/publika/texte/cs_wolke.htm

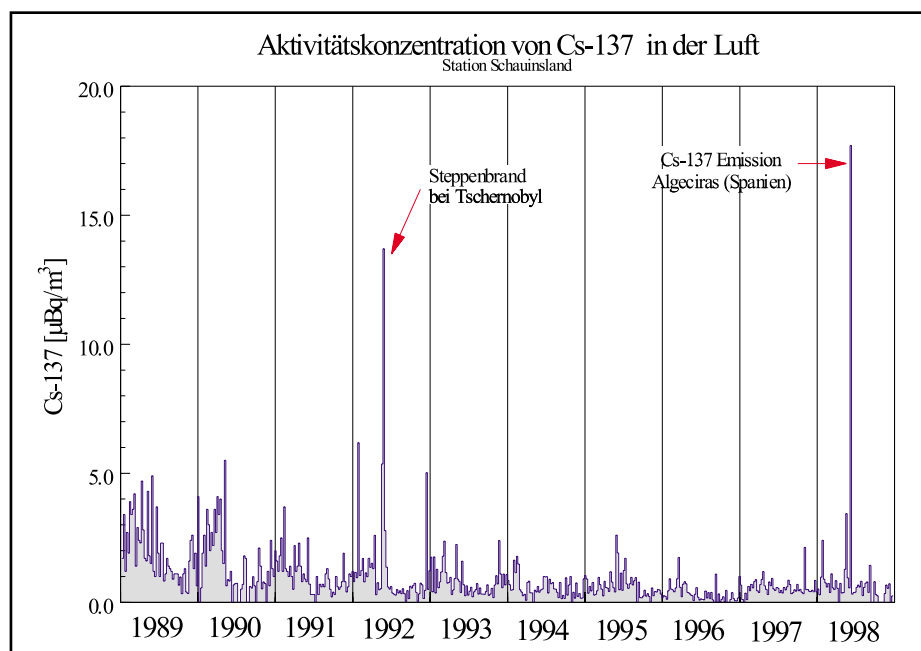


Abbildung 28:
Zeitlicher Verlauf der Aktivitätskonzentration von Cs-137 in den Jahren 1989–1998 an der Meßstation Schauinsland. Deutlich sind die Erhöhungen der Aktivitätskonzentration aufgrund eines Steppenbrandes bei Tschernobyl 1992 und der Cs-137 Freisetzung aus dem Stahlwerk Acerinox in Algeciras 1998 zu erkennen.

Der Krypton-85 Untergrundpegel in der nördlichen Hemisphäre

H. Sartorius

Kr-85 (Halbwertszeit: 10,76 Jahre) entsteht bei der Spaltung von U-235 bzw. Pu-239 mit einer Spaltausbeute von etwa 1,3 bzw. 0,5 %. Es ist das dominierende Radionuklid der Emissionen einer Wiederaufarbeitungsanlage. Kr-85 wird routinemäßig in keiner Wiederaufarbeitungsanlage zurückgehalten.

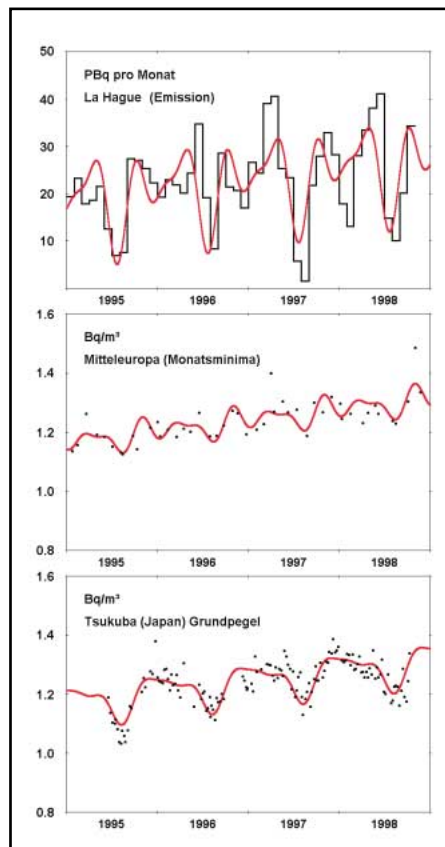


Abbildung 29:

Oben: Monatliche Kr-85-Emissionen (La Hague) und harmonischer Fit
Mitte: Monatsminima der Kr-85-Aktivitätskonzentration (Mitteleuropa) und harmonischer Fit
Unten: ungestörte Wochenmittel der Kr-85-Aktivitätskonzentration (Tsukuba-Japan) und harmonischer Fit

Das in Freiburg angewandte Probenahme- und Meßverfahren [1] besteht aus drei Schritten:

- kryogene Anreicherung der Krypton-Fraktion der Luft während der Probenahme
- chromatographische Reinigung der angereicherten Probe
- β -Messung im Zählrohr.

In Freiburg werden seit 1973 regelmäßig wöchentlich integrierende Messungen durchgeführt. Im Lauf der Zeit wurden weltweit weitere Edelgas-Sammelstationen in Betrieb genommen. Die Proben werden in leichten Aluminiumdosen nach Freiburg gesandt und dort gemessen. Die in früheren Jahren bereits festgestellte Steigerung der Wiederaufarbeitungskapazität [2] ist auch in den Folgejahren auszumachen.

Der höchste Wochenmittelwert im Jahr 1998 an einer deutschen Station wurde in der 26. Kalenderwoche in Perl (49° 29' N, 6° 23' O) mit 11,3 Bq/m³ gemessen. Sowohl der Untergrundwert der mitteleuropäischen Stationen wie auch der in Tsukuba (Japan) lagen im Jahr 1998 bei 1,27 Bq/m³.

Auffällig ist schon seit langem, daß es in den Sommermonaten einen Zeitraum von etwa 6 Wochen gibt, an denen die Kr-85 Aktivitätskonzentrationen an allen mitteleuropäischen Stationen innerhalb des Meßfehlers gleich sind und kaum Variationen zeigen. Um die Periodizität mathematisch zu erfassen, wurden die Minima eines Monats all dieser Stationen mit der Methode der kleinsten Quadrate einer harmonischen Analyse (einschließlich eines inearen Anteils) unterzogen:

$$A(t) = a_0 + a_1 t + \sum_{j=1}^3 b_j \cos(2j\pi) + \sum_{j=1}^3 c_j \sin(2j\pi)$$

Wie aus **Abbildung 29** zu entnehmen treten offensichtlich 2 Maxima und 2 Minima pro Jahr auf. Wenn man nun den monatlichen Entlaß der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague [3], welcher derzeit etwa 75 % des globalen Entlasses ausmacht, der gleichen Analyse unterwirft, findet man an gleicher Stelle Minimas, die durch eine

Sommerpause und eine weniger ausgeprägten Weihnachtspause verursacht werden.

Proben aus Tsukuba (Japan) liegen seit Mai 1995 vor. Die ersten Messungen waren zunächst unerwartet hoch. Die Ursache war aber schnell auszumachen, denn Tsukuba liegt nur etwa 60 Km südwestlich von der Wiederaufarbeitungsanlage in Tokai-Mura. Seit einem Störfall im Frühjahr 1997 ist die Anlage nicht mehr in Betrieb. Dennoch ist auch dort bei den lokal nicht beeinflussten Daten ein Jahresgang auszumachen, wobei die Amplitude (Spitze-Spitze) noch ausgeprägter ist als in Europa. Die Minima in Tsukuba in den Sommermonaten werden etwa zeitgleich zu denen in Mitteleuropa beobachtet, das „Weihnachtsminimum“ tritt dagegen nicht auf. Die Ursachen dieses unterschiedlichen Jahresganges sind offenbar meteorologischer Art. In den Wintermonaten herrscht bevorzugt Nordwestwind während in den Sommermonaten typischerweise Südostwinde vorherrschen. Diese Station Tsukuba ist bisher die einzige, an der mit den Kr-85-Messungen ungestört solche meteorologischen Phänomene studiert werden können.

- [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] Sartorius, H.
BfS-Jahresbericht 1995, S. 146–147
- [3] Online-Dienst:
Magnuc.

Beitrag des IAR zur Verifikation des umfassenden Verbotes von nuklearen Versuchsexplosionen (UVNV)

M. Zähringer

Über die grundlegenden Ziele des Verifikationssystems des UVNV und der Beitrag des Radioaktivitätsmeßnetzes zum Internationalen Meßsystem (IMS) wurde berichtet [1]. Die Aufgaben des IAR im Berichtsjahr lagen vor allem beim Aufbau einer Meßstation auf dem Schauinsland sowie der fachlichen Unterstützung des vorläufigen technischen Sekretariates (PTS) bei der Vorbereitungskommission der Vertragsorganisation (CTBTO) in Wien. Die Kompetenz des IAR hierfür ergibt sich aus der langjährigen Betriebserfahrung der Spurenmeßstelle Schauinsland, der Erfahrung beim Aufbau und Betrieb nationaler Meßnetze zur Umweltradioaktivitätsüberwachung sowie der besonderen Fähigkeiten im Bereich der Edelgasmeßtechnik.

Stationsaufbau

Der Standort Schauinsland wurde im März 1998 vom PTS als für das IMS geeignet befunden. Die Beschaffung der Meßsysteme verzögerte sich allerdings, da zu diesem Zeitpunkt noch keine verbindlichen Zertifizierungsverfahren definiert waren. Auf Drängen des IAR wurde ein entsprechendes Dokument vom PTS im Oktober herausgegeben, so daß die Ausschreibung für ein automatisches großvolumiges Aerosolsammel- und Analysesystem am Ende des Berichtsjahres wieder aufgenommen werden konnte. Mittlerweile wurde auch über die Verteilung der mit Edelgasmeßtechnik ausgestatteten Stationen Einigung erzielt. Demnach wird die Station Schauinsland für das IMS auch Xenon messen.

Expertendiskussionen

Im Rahmen der zahlreichen Expertentreffen und Workshops im Umfeld des IMS

beteiligte sich das IAR aktiv an der Definition der fachlichen Anforderungen an das Meßnetz, der Instrumentierung und der Arbeitsweisen. Im Rahmen der Festlegung der Zertifizierungskriterien und -prozeduren war u. a. die geforderten Nachweisgrenzen umstritten, insbesondere die Berücksichtigung des Untergrundes der Rn-220-Folgeprodukte Pb-212, Bi-212 und Tl-208, welche wegen der relativ kurzen Abklingzeit von 1 Tag den Spektrenuntergrund dominieren. **Abbildung 30** zeigt die Korrelation der im Rahmen des bereits existierenden Prototyp-Meßnetzes von 7 verschiedenen Stationen weltweit gemessenen Aktivitätskonzentrationen von Pb-212 mit der Nachweisgrenze von Ba-140. Man erkennt, daß die Empfindlichkeit eines Meßsystems jeweils durch die Steigung der Kurve gegeben ist, auf der die Datenpunkte einer Station liegen. Die erreichte Nachweisgrenze ist eine Funktion des Pb-212-Untergrundes, der seinerseits einer standortspezifischen zeitlichen Variabilität unterliegt. Eine von einigen Experten geforderte Festlegung auf 10 MikroBq/m³ Nachweisgrenze würde dazu führen, daß die Mehrzahl der heute mit Standardinstrumenten ausgerüsteten Spurenmeßstationen nachgebessert werden müßten. Damit entstünden Kosten,

die in keinem Verhältnis zur Verbesserung der Nachweiseigenschaften des Meßnetzes stünden. Die nun gültigen Anforderungen tragen diesem Sachverhalt Rechnung und fordern eine nominelle Nachweisgrenze von 10 MikroBq/m³ für eine Leerfiltermessung sowie 30 MikroBq/m³ im operationellen Betrieb.

Die Analyse der Rohdaten aus dem Meßnetz erfordert eine anwendungsorientierte Auswertesoftware, um u. a. die Zahl der Fehlidentifikationen zu minimieren. Automatische Auswerteprozeduren dürfen im Routinebetrieb nur wenige Spektren als „verdächtig“ klassifizieren. Neben der Qualität der Nuklididentifizierungsalgorithmen spielt hierbei die sorgfältige Auswahl einer Nuklidbibliothek eine wichtige Rolle. In einer gemeinsamen Studie mit Mitarbeitern des IDC [2] wurde mit Hilfe der bei einer Kernwaffenexplosion zu erwartenden relativen Aktivitäten der einzelnen Spaltprodukte sowie der Halbwertszeit und gammaspektrometrischen „Sichtbarkeit“ eine Liste von 61 Radionukliden erstellt. In ihr sind alle Spaltprodukte enthalten, die realistischweise in frischem Kernwaffenfallout mit einem „Alter“ von 1–30 Tagen gammaspektrometrisch nachweisbar sind.

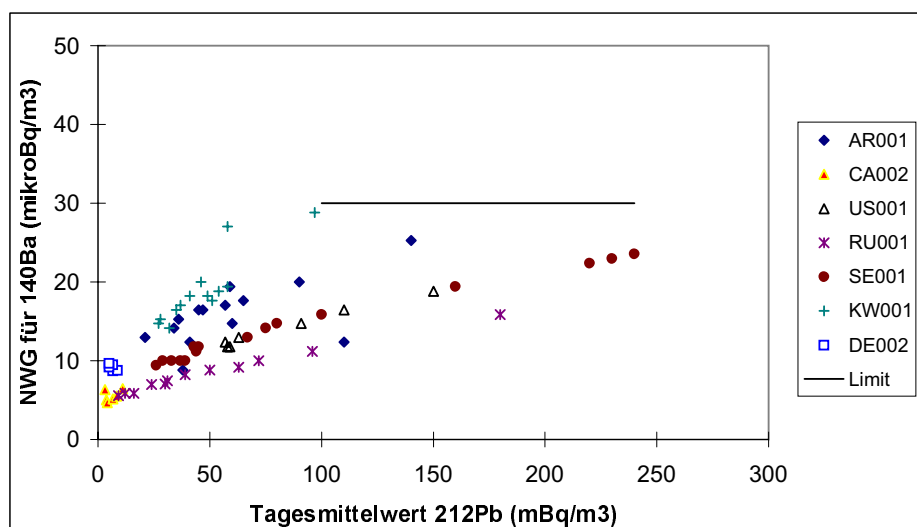


Abbildung 30:

Korrelation der erreichten Nachweisgrenze (bezogen auf Ba-140) mit der gemessenen Aktivitätskonzentration von Pb-212 in Tagesproben für die Stationen Buenos Aires (AR001), Vancouver (CA002), Charlottesville/USA (US001), Usseisk/Rußland (RU001), Stockholm (SE001), Kuwait City (KW001) und Schauinsland (DE002)

- [1] M. Zähringer:
Beitrag des IAR zur Verifikation des Vertrages über das umfassende Verbot von Nuklearversuchen.
BfS Jahresbericht 1997, S. 83
- [2] L. Vladimírski, R. L. Mason, M. Zähringer and J.D. Böhner:
Optimizing the Fission Product Library for Verification of the Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty. Center for Monitoring Research Technical Report No. CMR-98/29, Arlington VA, June 1998

Weiterentwicklungen von ECURIE und anderen Systemen für den internationalen Datenaustausch

Ch. Höbler

Die zuständige nationale Behörde für die Erfüllung der Schnellinformationsabkommen der EU und der IAEO bei kerntechnischen Notfällen ist das BMU [1]. Darüber hinaus ist das BMI-Lagezentrum wegen seiner ständigen Rufbereitschaft gegenüber der EU und der IAEO als nationale Kontaktstelle benannt [2]. Um den aus den Schnellinformationsabkommen resultierenden technischen Anforderungen zu genügen, wurden BMU und BMI insbesondere bei der Integration der hierfür erforderlichen technischen Systeme (**ECURIE** und **EURDEP**) durch das IAR unterstützt.

Das vom IAR entwickelte Konzept zur Schaffung der organisatorisch/technischen Voraussetzungen zur Einbeziehung des BMI Lagezentrums für den internationalen Informationsaustausch [3] wurde gemäß den Planvorgaben der Europäischen Kommission (EC) zur Migration des ECURIE IT-Systems im 1. Schritt für einen Testbetrieb im Rahmen der INEX 2 Übung Anfang November national umgesetzt.

Das als on-line Alarmsystem vom JRC (Joint Research Centre der EU) Ispra konzipierte CoDecS IT-System ist wegen der Verwendung standardisierter Komponenten (ISDN peer-to-peer Vernetzung mit IP/SMTP, Oracle DB, vollständig in JAVA entwickelte Applikationen) WEB-Standard-konform und quasi plattformunabhängig. Es wird zunächst jedoch unter WindowsNT eingesetzt. Seit Ende 1997 unterstützte das IAR den Testbetrieb der Beta-Versionen von CoDecS. Ein über Internet geschützt zugängliches Problem Tracking System (PTS) bei JRC sorgt für eine reibungslose Zusammenarbeit aller international beteiligten Stellen.

Die nationale Realisierung des technischen Konzepts durch das IAR erfolgte mit erheblichem Zeitdruck, da seitens des JRC die technische Spezifizierungen einiger IT-Komponenten bis Juni modifiziert wurden. So konnte mit der Beschaffung

identischer Systeme (Rechner, Drucker, DB- und Kommunikations-Software) sowie standortspezifischer Komponenten (ISDN-Router, Telexbox, USV) erst im Sommer begonnen werden. Im IAR wurden für den BMU, das BMI-Lagezentrum als nationale Kontaktstelle und das IAR als technisch verantwortliche Stelle alle Komponenten installiert und mit der neusten CoDecS Software getestet. Unter Einbeziehung von Mitarbeitern der Stabsstelle Bonn konnten alle Systeme in den einzelnen Bonner Dienststellen aufgestellt und in Betrieb genommen werden. Das Personal im BMI-Lagezentrum wurde eingewiesen.

Nach dem aktuellen Zeitplan der EC ist der erste EU weite Test von CoDecS Anfang 1999 zunächst noch über Telex geplant. Bis Mitte 1999 soll dann die Software in ihrer endgültigen Version in allen Mitgliedstaaten der EU installiert, die neue Kommunikation getestet und spätestens im Herbst das gesamte System operationell in Betrieb genommen werden.

Alle national diesbezüglich anstehenden organisatorisch/technischen Arbeiten werden vom IAR in Absprache mit dem BMU koordiniert bzw. ausgeführt.

Die Entwicklungen des seit 1994 für den internationalen Datenaustausches teilweise mit nunmehr 21 Staaten betriebenen EURDEP [5] sind im Berichtsjahr aus Personalmangel beim JRC zunächst eingefroren worden. Lediglich der routinemäßige Datenaustausch [4] wurde fortgesetzt.

Das JRC organisierte für Anfang Dezember einen 3. Workshop, der alle geplanten Aktivitäten wieder beleben sollte. Dieses Treffen fand insbesondere unter den osteuropäischen Staaten regen Zuspruch. Wesentliche Ergebnisse des Workshops ist die Teilnahme weiterer Staaten (Ungarn, Estland, Lettland, Litauen, Slowakei, Rußland, Italien und Belgien) an der Übertragung von ODL Daten sowie geplante Übertragungstests von Alpha/Beta Aerosol-Messungen und gammaspektrometrischen Auswertungen an Luftaerosolproben durch einzelne Staaten. Die Entwicklungen an der zentralen Datenbank und einem WEB-Visualisierungswerkzeug sollen weiter geführt werden. Außerdem wird vom JRC ein aktuelles Register der

technischen und organisatorischen Gegebenheiten aller nationalen Meßnetze der beteiligten Staaten geführt.

Zeitgleich wurden durch eine Arbeitsgruppe der NEA konkrete Empfehlungen zur Verbesserung der bestehenden Situation internationaler Daten- und Informationsaustauschverfahren erarbeitet. Es wurden dabei spezielle technische Übertragungsverfahren vorgeschlagen. Nähere Details werden derzeit in einem technischen Konzept fixiert und sollen im Jahr 2000 in einer Übung INEX 2000 erprobt werden.

Die Schnittstellen des in Entwicklung befindlichen Prototypsystems der EU für Osteuropa [6] müssen von EURDEP und den anderen internationalen Aktivitäten unterstützt werden. Seitens des IAR wird in diesem Zusammenhang in allen Gremien darauf gedrungen, alle internationalen Entwicklungen so zu koordinieren, daß ein synergistisches Zusammenwirken garantiert ist und Mehrfachentwicklungen vermieden werden können.

Im IAR als nationale Zentrale der Bundesmeßnetze „Luft“ für IMIS ordnen sich diese Entwicklungen zusammen mit den Aktivitäten um den bilateralen Datenaustausch mit Frankreich, den Niederlanden, der Schweiz und Polen sowie mit der bereits realisierten Datenverbindung zu RODOS und zu den KfÜ Systemen in die laufenden Planungen für das neue IMIS System ein. Ziel ist es, die umfangreichen Daten und Informationen dieser externen Stellen über IMIS in einheitlicher Form national zur Verfügung zu stellen.

[1] Guidance on International Exchange of Information and Data Following a Major Nuclear Accident or Radiological Emergency, STI/PUB/94, IAEA, Vienna, 1992

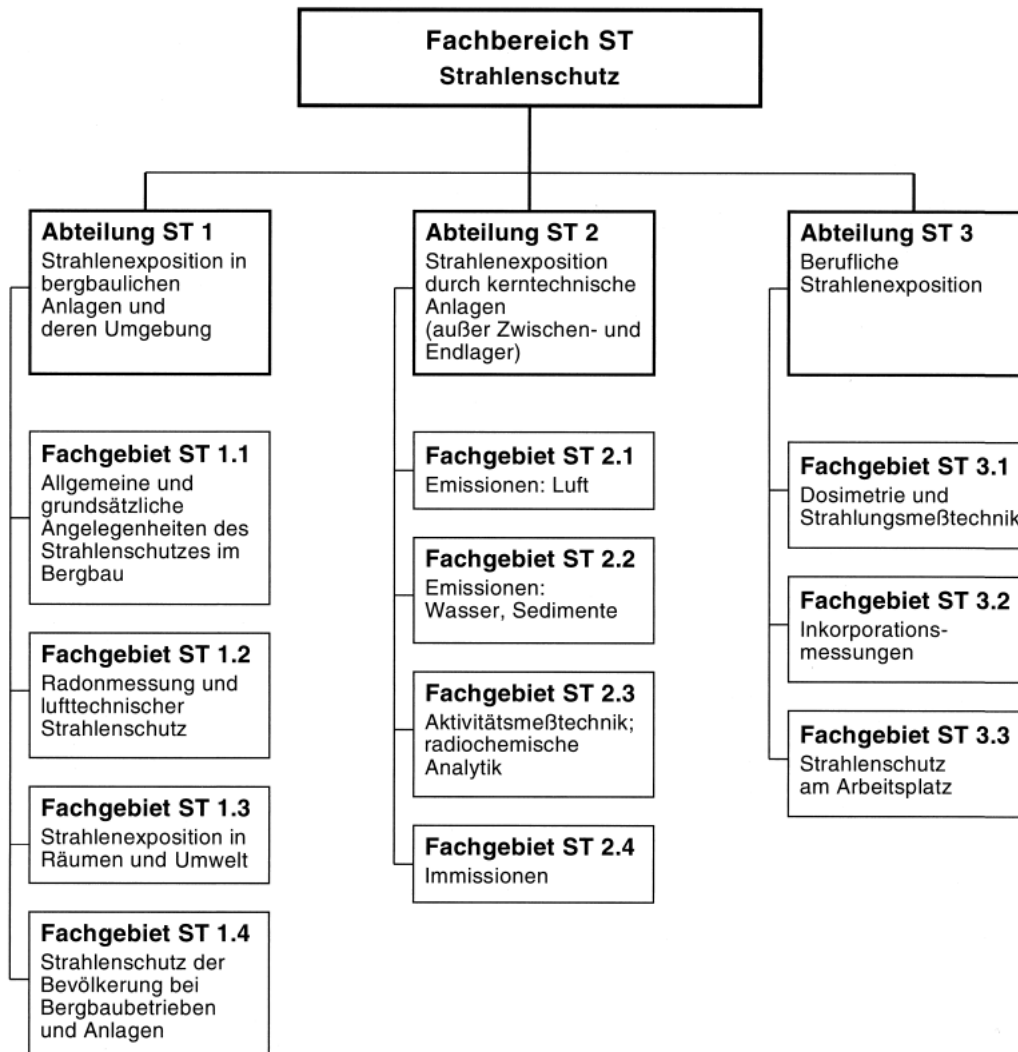
[2] Höbler, Ch.
Abschluß der technischen und organisatorischen Realisierung der nationalen Kontaktstelle im IAR, Erfahrungen und zukünftige Entwicklungen von ECURIE.
BfS Jahresbericht 1995, S. 143

[3] Höbler, Ch., Weiss, W.
Konzept zur Schaffung der organisatorisch/technischen Voraussetzungen für die Nutzung des BMI Lagezentrums für den internationalen Informationsaustausch mittels ECURIE.
Interner Bericht-BfS/S-IAR, 27. 08. 97

[4] Höbler, Ch.
Weiterentwicklung von ECURIE und EURDEP.
BfS Jahresbericht 1997, S. 126–127

[5] De Cort, M.; de Vries, G.
The EU Radiological Data Exchange Platform (EURDEP): recent developments.
European Commission Environment Institut JRC, Ispra, 10/95

[6] Weiss, W.; Leeb, H.; Höbler, Ch.
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



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 (vgl. Organigramm, Seite ST 1).

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 in 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 na-

türlicherweise 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.

Im Fachgebiet ST 1.2 **Radonmessung und lufttechnischer Strahlenschutz** werden Konzepte, Meßvorschriften und -anleitungen zur Überwachung der Strahlenexposition durch Radon und Radonzerfallsprodukte im beruflichen Bereich, in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet ST 1.3 zur Überwachung in Wohnungen und Gebäuden und in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet ST 1.4 zur Überwachung von Emittenten im Bergbaugebiet (z. B. bergbauliche Anlagen und Hinterlassenschaften) entwickelt oder geprüft. Im Fachgebiet werden auch Aufgaben der Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten bearbeitet. Zu den Schwerpunktaufgaben gehören:

- 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 und vorbereitende Arbeiten für den Betrieb eines Kalibrierlabors des Deutschen Kalibrierdienstes (DKD),
- Entwicklung von Methoden zur Überwachung an Arbeitsplätzen mit erhöhter Strahlenexposition durch Radon und Radonzerfallsprodukte,
- Erfassung, Analyse und Bewertung der beruflichen Strahlenexposition an Arbeitsplätzen mit erhöhter Exposition durch Radonzerfallsprodukte,
- Durchführung von Radonmessungen und Auswertung von Detektoren für Untersuchungsprogramme des BfS,

- Bearbeitung ausgewählter Probleme der Anwendung lufttechnischer Methoden für Strahlenschutzaufgaben sowie von Prüf- und Meßaufgaben für zuzuordnende physikalische Parameter und Meßgrößen.

Im Fachgebiet ST 1.3 Strahlenexposition in Räumen und der Umwelt werden Konzepte und Meßanleitungen zur Ermittlung der durch Radon und seine Zerfallsprodukte verursachten Strahlenexposition in Gebäuden entwickelt und Untersuchungsprogramme zur Bewertung dieser Expositionsponente geplant und durchgeführt.

Im Vordergrund standen die:

- Ermittlung der durch Radon und seine Zerfallsprodukte verursachten Strahlenexposition der gesamten Bevölkerung,
- Beurteilung der geogenen und bergbaulich beeinflussten Radonkonzentrationen in Häusern zur Identifikation von Gebieten, in denen diese Expositionsponente von besonderer Bedeutung ist,
- Bewertung von Sanierungen radonbelasteter Gebäude und des Schutzes vor erhöhten Radonkonzentrationen in Neubauten,
- Bewertung der Radioaktivität von Baustoffen und Abschätzung der davon ausgehenden Strahlenexposition.

Im Fachgebiet ST 1.4 **Strahlenexposition der Bevölkerung bei Bergbaubetrieben und Anlagen** werden Konzepte, Verfahren und Methoden zur Ermittlung, Überwachung und Bewertung der durch bergbauliche und andere industrielle Tätigkeiten oder deren Hinterlassenschaften verursachten radioaktiven Kontamination der Umwelt entwickelt und Programme durchgeführt, um die durch derartige Kontaminationen verursachte Strahlenexposition zu bewerten. Folgende Schwerpunkte wurden bearbeitet:

- Bundesaufgabe nach § 11 Abs. 8 StrVG (Ermittlung der bergbaubedingten Umweltradioaktivität in den neuen Bundesländern),
- Untersuchungen zur Identifikation relevanter Expositionswege und zur Beur-

teilung ihrer Beiträge zur Gesamtexposition bei Vorliegen einer bergbaubedingten Umweltradioaktivität,

- Bewertung von Ergebnissen der bei bergbaulichen Tätigkeiten durchgeführten Emissions- und Immissionsüberwachung,
- 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.

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 mit Bedeutung 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 meß-

technische 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 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,
- Durchführung von Ringversuchen zur Ausscheidungsanalyse.

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:

Fachbereich Strahlenschutz

Bericht des Instituts

- 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,
- Weiterentwicklung von Konzepten zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt im Rahmen von IMIS und zur Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen,
- Durchführung von Ringversuchen und Vergleichsmessungen,
- Entwicklung und Festlegung von Probenentnahme-, Analyse-, Meß- und Berechnungsverfahren,
- spezielle Untersuchungen zur Ermittlung des Gehaltes natürlicher Radionuklide, insbesondere Radon, im Trink- und Grundwasser in der Bundesrepublik Deutschland.
- 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 Inkorporationsmessungen. 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,
- Beratung von Landesbehörden bei ausgewählten Problemen der Genehmigung und Aufsicht.

Arbeitsschwerpunkte des Fachbereichs

Im folgenden werden einige Schwerpunkte der Tätigkeit des Fachbereiches Strahlenschutz im Jahre 1998 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

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,

Fachbereich Strahlenschutz

Bericht des Instituts

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) wurden fortgesetzt.

Dabei bildeten Analysen über Notwendigkeit und Möglichkeiten einer Berücksichtigung erhöhter Strahlenexpositionen aus natürlicherweise vorkommenden Strahlenquellen in der Strahlenschutzkontrolle auf der Grundlage der Richtlinie 96/29/Euratom einen Schwerpunkt der Arbeiten. Erwähnt werden sollen dafür als Beispiele zusammenfassende Diskussionsmaterialien über bisherige Regelungen in anderen Ländern und über die Prinzipien, die einer Einordnung in das bisherige Regulationssystem der Bundesrepublik zugrunde liegen sollten, die für die entsprechenden Arbeitsgruppen des BMU und der Strahlenschutzkommission vorbereitet wurden. Diese Grundsätze wurden auch auf nationalen und internationalen Tagungen zur Diskussion gestellt.

Ebenfalls fortgeführt wurden Arbeiten zu Strahlenschutzkonzepten für durch natürliche Radionuklide verursachte Interventionssituationen. Dabei standen in diesem Jahr Fragen der Rechtfertigung/Optimierung, der Machbarkeit eines integrierten Risikoansatzes sowie der Bewertung des Radons im Vordergrund. Da international 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 (ICRP Committee 4, Task Group on Protection Criteria for Chronic Exposure of the Public) sowie durch Beiträge auf entsprechenden internationalen Veranstaltungen (IAEA International Conference on Topical Issues in Nuclear, Radiation and Radioactive Waste Safety).

Ermittlung der bergbaubedingten Umweltradioaktivität

Mit dem Projekt „Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung berg-

baulicher 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 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 vorzuziehen 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, bildete die Datenbank A.LAS.KA. die Grundlage für eine effektive Programmplanung.

Bewertung nach Meßprogrammen

Im Rahmen der Meßprogramme wurden die nach der Verifikation als „möglicherweise relevant“ eingestuft Objekte und ihre Umgebung zu Untersuchungsgebiete

ten zusammengefaßt und im Detail durch Messungen der Gamma-Ortsdosisleistung in einem engen Flächenraster, Rammkernsondierungen verbunden mit Gamma-Bohrlochmessungen und Probenentnahmen Messung der Aktivitätskonzentration von Materialien, Böden und Wässern und der Radonkonzentrationen im Freien untersucht. Insgesamt wurden ca. 250000 ODL-Messungen, 4000 Rammkernsondierungen mit ca. 16000 Bohrkern, 20000 Material-, Wasser-, Sedi- ment- und Bioproben durchgeführt. Mes- sungen der Radonkonzentrationen erfolg- ten an 518 Meßpunkten. Mit diesen Unter- suchungen wurde die Datenbasis geschaffen, die für die abschließende Klassifikation der Objekte im Sinne der eingangs genannten Zielstellung des Pro- jektes erforderlich ist.

Im einzelnen werden folgende Klassen von bergbaulichen Hinterlassenschaften und bergbaulich beeinflussten Flächen ausgewiesen:

- Objekte, für die aus Gründen des Strahlenschutzes keine Sanierungs- maßnahmen und Nutzungsbeschrän- kungen und deshalb auch keine weite- ren Untersuchungen erforderlich sind (Klasse A1),
- ferner solche, für die beim gegenwärtigen Nutzungsgrad keine Sanierungs- maßnahmen zu erwägen und deshalb auch keine standortspezifischen Unter- suchungen vorzunehmen sind, die aus Strahlenschutzgründen aber nur ein- geschränkt genutzt werden können und für die deshalb bei bestimmten Nutzungsänderungen eine standort- spezifische Prüfung vorgenommen werden sollte (Klasse A 2),
- und schließlich diejenigen, für die Ein- zelfallprüfungen 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 Beseiti- gung der Strahlenexposition zu treffen (Klasse B).

Die für die Klassifikation benutzten Krite- rien orientieren sich an der gemäß Ein- gangsvertrag fortgeltenden Anordnung

zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Halden und industriellen Absetzanla- gen und der Verwendung darin abgelager- ter Materialien (Hald A0) und an den Emp- fehlungen der SSK „Grundsätze für die Verwahrung, Nutzung oder Freigabe von kontaminierten Materialien, Gebäuden, Flächen oder Halden aus dem Uranerz- bergbau“, die auch schon bei der Erstbe- wertung herangezogen 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 Deck- gebirge in die Raumluft darüber befind- licher Häuser resultiert.

Die Auswirkungen untertägiger bergbau- licher Hinterlassenschaften auf die Radon- konzentrationen in Gebäuden werden in gesonderten Forschungsvorhaben zur Identifikation von Radongebieten („radon prone areas“) untersucht. Insofern ist im Rahmen des Projektes nur eine Bewer- tung der Schachtwässer erforderlich, ins- besondere in solchen Fällen, wenn die Schachtwässer zur Gewinnung von Trink- wasser genutzt werden. Deshalb erfolgt eine Klassifikation der Schächte und Stol- len im Hinblick auf ihre radiologische Rele- vanz nur dann, wenn aus diesen bergbau- lichen Objekten Wässer in die Umwelt abgegeben werden. Als Bewertungsmaß- stab dienen die von der SSK empfohlenen „Strahlenschutzkriterien für die Nutzung von möglicherweise durch den Uranerz- bergbau beeinflussten Wässern als Trink- wasser“.

Über die Klassifizierung der Einzelobjekte hinaus wurden auch die bei den Meßpro- grammen gewonnenen, aber nicht auf ein Objekt zu beziehenden Daten und Infor- mationen in die strahlenschutzfachliche Bewertung des untersuchten Gebietes einbezogen. Auch dafür wurden zur Bewertung die bereits genannten Kriterien und zusätzlich zur Bewertung der Radon- freisetzung aus bergbaulichen Hinterlas- senschaften die „Strahlenschutzgrundsät- ze zur Bewertung der Strahlenexposition infolge von Radonemissionen aus berg- baulichen Hinterlassenschaften in den Uranerzbergbaugebieten Sachsens und Thüringens“ der SSK zugrunde gelegt.

(Eine Entscheidung über die Verbindlich- keit dieser Empfehlung im Rahmen von Verwaltungsverfahren über bergbauliche Altlasten ist noch nicht getroffen worden).

Da die Radonmessungen im Freien in den Verdachtsflächen vor allem aus Zeit- und Kostengründen nicht in dem für die Anwendung der entsprechenden Empfeh- lung der SSK erforderlichen Umfang durchgeführt werden konnten (in jedem Ort der Verdachtsflächen hätten zumin- dest an einem Punkt Langzeitmessungen der Radonkonzentration im Freien durch- geführt werden müssen), wurde das Pro- gramm GENDARM (Generische Determi- nierung altlastenbedingter Radonmaxi- malkonzentrationen) entwickelt, mit dem auf die Datenbank A.LAS.KA. aufbauend eine Klassifikation der Standorte hinsicht- lich der durch Freisetzungen aus bergbau- lichen Hinterlassenschaften verursachten Radonkonzentrationen vorgenommen werden kann und die Standorte identi- fiziert werden können, für die standortspe- zifische Untersuchungen erforderlich sind.

Durch Einbeziehung dieser Untersu- chungsergebnisse ist eine umfassende Bewertung nicht nur der einzelnen Objek- te, sondern der Gesamtsituation in den betroffenen Gebieten in dem einleitend genannten Sinne möglich.

Die Ergebnisse der bisherigen Meßpro- gramme und die Bewertungen lassen ins- gesamt den Schluß zu, daß die Anzahl der Objekte, für die aus Strahlenschutzgrün- den Sanierungsmaßnahmen erwogen werden sollten, im Vergleich zu der Gesamtzahl der bergbaulichen Hinterlas- senschaften zwar klein, aber dennoch nennenswert ist. So wurden etwa 10% der innerhalb der Verdachtsflächen gelegenen Halden, der zahlenmäßig größten Gruppe von Hinterlassenschaften, in die Klasse B eingeordnet.

Fachinformationssystem bergbaubeding- ter Umweltradioaktivität

Da die Meßprogramme im Jahre 1997 im wesentlichen abgeschlossen worden waren, standen 1998 Arbeiten zur abschließenden Prüfung, Vervollständi- gung und Bewertung der Daten und die Fertigstellung des Fachinformationssy-

stems zur bergbaubedingten Umweltra-dioaktivität (FbU) im Vordergrund. Der Umfang und die Komplexität der Informa-tionen, die neben den Objektdaten und Ergebnissen der Meßprogramme z. B. auch Informationen zur Geologie, Geo-chemie, Sedimentologie, Hydrologie umfassen, waren Anlaß zur Entwicklung dieses, im Vergleich zu A.LAS.KA. wesent-lich leistungsfähigeren DV-Systems, das wegen des unmittelbaren geographischen Bezuges der Daten und Informationen auf der Grundlage eines geographischen Informationssystems (ARC/INFO) entwik-kelt wurde. Es ist mit einer benutzer-freundlichen Bedienoberfläche ausgestat-tet, die eine neue Qualität der Aus- und Bewertung der Daten schafft. Mit dem FbU steht nach Abschluß der Arbeiten ein für Bund und Länder gleichermaßen nutz-bares, leistungsstarkes Informationssys-tem zur Verfügung, das auch ein wesent-licher Bestandteil der Ergebnisdokumen-tation des Projektes ist.

Weitere Arbeiten

Gegenwärtig werden im Rahmen des Fol-geforschungsvorhabens „Entwicklung praxisgerechter Prüf- und Bewertungsme-thoden für die standortspezifische Unter-suchung bergbaulicher Hinterlassen-schaften und Ableitung von Kriterien für die Sanierungsentscheidung“ von der GRS im Auftrag des BfS weiterführende Arbeiten durchgeführt, die zu einer einheit-lichen, wissenschaftlich fundierten abschließenden Bewertung bergbaulicher Hinterlassenschaften beitragen werden. Darin eingeschlossen sind z. B. ein Pro-gramm zur Dosisermittlung und Untersu-chungen zur Verwendung von Ausbrei-tungsmodellen im Zusammenhang mit der Bewertung bergbaulicher Hinterlassen-schaften.

Strahlenexposition in Gebäuden

Bei den Untersuchungen zur Ermittlung der Strahlenexposition in Gebäuden stand 1998 wiederum die Konzentration des Radons im Mittelpunkt. Aus den in den vergangenen Jahren durchgeführten Untersuchungen ist erkennbar, daß in Deutschland erhöhte Radonkonzentratio-

nen in Wohnungen nur in begrenzten Regionen auftreten.

Die Ergebnisse bisher durchgeführter Meßprogramme zeigen, daß das Konzen-trationsniveau und insbesondere die Häu-figkeit der über dem Normalbereich lie-genden Radonkonzentrationen in Gebäu-den auf folgende Ursachen zurückzufüh-ren sind:

- geologische Bedingungen, vor allem die Radiumkonzentration der im Bau-grund anstehenden Gesteine und Erden, deren Radonemanation und Permeabilität oder gebäudenahe tekto-nische Störungen,
- umgehender Bergbau und bergbauli-che Hinterlassenschaften, z. B. in Gebäudenähe befindliche oder in Häu-ser mündende bergmännische Auffah-rungen und Bebauung von Halden.

Daneben sind bauliche Gegebenheiten, die den Radoneintritt aus dem Baugrund in die Gebäude und die Radonausbreitung innerhalb der Häuser bestimmen, wesent-lich.

Der besonderen Bedeutung der geologi-schen Ursachen für erhöhte Radonkon-zentrationen wird mit einem durch das Bundesministerium für Umwelt, Natur-schutz und Reaktorsicherheit geförderten Forschungsvorhaben „Geogene Faktoren der Strahlenexposition unter besonderer Berücksichtigung des Radonpotentials“ Rechnung getragen.

Da für die Identifikation von Gebieten mit gehäuft auftretenden erhöhten Radonkon-zentrationen die geologische Indikation unverzichtbar, letztlich aber die Häufigkeit erhöhter Radonkonzentrationen in Häu-sern von Interesse ist, werden die geolo-gisch entsprechend prognostizierten Ge-biete durch Radonmessungen in Wohnun-gen validiert.

Die seit 1997 in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Staatsministerium für Lan-desentwicklung und Umweltfragen in den Kreisen Bayreuth, Hof, Tirschenreuth und Wunsiedel in 235 Haushalten durchgeführ-ten Radonmessungen in Häusern wurden 1998 beendet. Die Messungen zeigten die sehr starke Abhängigkeit der Radonkon-zentrationen in Gebäuden von den bau-lichen Gegebenheiten. So wurden in nach

1975 errichteten Häusern trotz hoher Radonkonzentrationen in der Bodenluft der Granitregion des Fichtelgebirges keine über 1000 Bq/m³ liegende Radonkonzen-trationen in Wohnräumen gemessen.

Im Rahmen des Projektes „Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten – Altlastenkatas-ter“ gewonnene Erkenntnisse über die Beeinflussung der Radonkonzentration in Häusern durch Bergbau und seine Hinter-lassenschaften bilden die Grundlage zur Identifikation von relevanten Bergbauge-bieten Deutschlands. Im Rahmen eines über zwei Jahre laufenden Forschungs-vorhabens „Ermittlung von Gebieten Deutschlands mit gehäuft auftretenden erhöhten Radonkonzentrationen in Häu-sern infolge Bergbau“ werden relevante Gebiete identifiziert und der Einfluß von Untertage auf die Radonkonzentration in Häusern quantifiziert.

Im Zeitraum 1990 bis 1995 im Rahmen des Projektes „Modellhafte Sanierung radonbelasteter Wohnungen“ in der Berg-stadt Schneeberg durchgeführte Untersu-chungen weisen auf die Möglichkeit einer großflächigen Senkung der Radonkon-zentration in Häusern durch gezielte Beeinflussung der Wetter im Untertagebe-reich hin. Aus diesem Grunde wurde 1995 von der Stadt Schneeberg ein aus Mitteln des Freistaates Sachsen gefördertes Pro-jekt „Gezielte natürliche Bewetterung“ initi-iert. Dort werden durch bergmännische Arbeiten in dem große Teile des Stadtge-bietes tangierenden, teilweise verbroche-nen Grubenbau geeignete Wetterwege geschaffen, um auf natürlichem Wege das Radon von Untertage in die freie Atmo-sphäre 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. 1998 wurden durch bergmännische und technische Arbeiten wesentliche Voraussetzungen für eine Senkung der Radonkonzentration im alten Grubengebäude und damit im Baugrund der Stadt Schneeberg geschaffen.

Durch die Zusammenarbeit des Deut-schen Instituts für Bautechnik mit dem Bundesamt für Strahlenschutz werden bei

Fachbereich Strahlenschutz

Bericht des Instituts

der Erteilung von Zulassungen für neue Baustoffe, Bauteile und Bauarten im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsprüfung die Belange des Strahlenschutzes berücksichtigt. Ziel ist es dabei, trotz des zunehmenden Bestrebens der Verwertung technologisch geeigneter Reststoffe im Bauwesen eine Erhöhung der Strahlenexposition der Bevölkerung gegenüber der durch Verwendung konventioneller Baustoffe zu vermeiden

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.

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. Hierzu gehört auch die Vorhaltung von Einrichtungen zur Kalibrierung von Meßgeräten für Radon und Radonzerfallsprodukte.

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. Schwerpunkt war dabei die Berücksichtigung der sich aus der Umsetzung der Europäischen Grundnormen und aus der bevorstehenden Novellierung der Strahlenschutzverordnung ergebenden Anforderungen. 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 gegenwärtig 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 erfolg-

ten 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 (ARGEBAU) 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. Dazu wurde die Akkreditierung der entsprechenden Einrichtungen als Kalibrierlabor des Deutschen Kalibrierdienstes (DKB) beantragt und erteilt. Es handelt sich hierbei um Kalibrierkammern (8 und 36 m³) und Testbehälter (0,4 m³). Der Ausstattungsbestand umfaßt weiterhin Aktivitätsnormale, Geräte zur Messung der relevanten Parameter von Radon und Radonzerfallsprodukten, verschiedene Generatoren zur Herstellung von Testaerosolen sowie leistungsfähige Geräte zur Messung der Teilchengrößenverteilung und der Aktivitäts-Größenverteilung von Aerosolen und zur Messung bzw. Überwachung weiterer Parameter mit Einfluß auf die zu untersuchenden Meßgrößen.

Fachbereich Strahlenschutz

Bericht des Instituts

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

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 Tritium- und Kohlenstoff-14-Aktivität 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 H-3, Fe-55, Ni-63, Sr-89 und Sr-90 bestimmt. Über die Ergebnisse der Kontrollmessungen wird an die zuständigen Aufsichtsbehörden und die Betreiber der kerntechnischen Anlagen regelmäßig berichtet.

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 Gut-

achterorganisationen 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 1997“ erarbeitet. Dieser Bericht enthält die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser in die Nordsee für das Jahr 1997. Für den Parlamentsbericht und den BMU-Jahresbericht 1997 wurden die Daten der Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser aus kerntechnischen Anlagen zusammengestellt.

Maßnahmen der Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten in den neuen Bundesländern (Bereich VOAS)

In Wahrnehmung der Leitstellenfunktion für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten in den neuen Bundesländern (Leitstelle Bergbau) wurde ein viertes Fachgespräch 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 Ländern wurden vorläufige Meßanleitungen für alle in der REI Bergbau geforderten natürlichen Radionuklide in Verbindung mit den zu untersuchenden Medien zur Verfügung gestellt. Dabei konnte bei einer Reihe von

Meßanleitungen, insbesondere bei den Punkten Probenentnahme und Probenvorbereitung, auf Erfahrungen und Meßanleitungen anderer Leitstellen zurückgegriffen werden. Neu sind die von der Leitstelle bereitgestellten Meßanleitungen zur Bestimmung der mittleren Rn-222-Aktivitätskonzentration und zur Bestimmung von kurzlebigen Zerfallsprodukten des Rn-222 in Abwetter und Abluft bzw. in der bodennahen Luft, zur Bestimmung von Uran sowie ein Verfahren zur Ermittlung der Gamma-Ortsdosisleistung.

Von der Leitstelle Bergbau wurde die fünfte Vergleichsanalyse „Boden 1998“ durchgeführt. An ihr nahmen 54 Labors, darunter 19 ausländische, mit überwiegend guten Ergebnissen teil.

Auf dem Gebiet von Radon und Radonzerfallsprodukten standen 1998 die Arbeiten zur Akkreditierung als Kalibrierlaboratorium des DKD im Vordergrund, über die schon berichtet wurden.

Zur Verbesserung der Meßsicherheit der insbesondere im Rahmen der Umweltmeßprojekte in den früheren Bergbaugebieten der neuen Bundesländer eingesetzten tragbaren Geräte zur Messung der Ortsdosisleistung (ODL-Meßgeräte) führt das BfS seit 1993 alljährlich einen zentralen Kalibriervergleich durch. Dieser erfolgt auf drei Meßflächen unterschiedlicher Ortsdosisleistung, die die Wismut GmbH in Reust/Thüringen eingerichtet hat. Referenz-Meßsonde ist eine Mitteldruck-Ionisationskammer des BfS, die mit Unterstützung der PTB kalibriert wurde. An dem Vergleich des Jahres 1998 nahmen 25 Institutionen mit 98 Meßgeräten teil. Seit 1997 werden auch erweiterte Kalibrierungen von ODL-Meßgeräten vorgenommen, bei denen die Ansprechvermögen für kosmische Strahlung auf einem See und für unterschiedliche Gammastrahlungen im Kalibrierlabor ermittelt werden. Im kommenden Jahr soll der Teilnehmerkreis der Vergleiche auf Interessenten aus dem gesamten Bundesgebiet ausgeweitet werden.

Gammaskpektrometrische Messungen aus der Luft

Die Untersuchungen über gammaskpektrometrische Messungen der Umweltradioak-

tivität vom Hubschrauber aus wurden fortgeführt. Der Schwerpunkt der Arbeiten lag bei der Fortschreibung von Datenerfassungs- und Auswerteprogrammen, u. a. zur farbigen Darstellung der Meßergebnisse in kartographischer Form, die unmittelbar nach Abschluß eines Meßeinsatzes zur Verfügung steht und somit schnell einen Überblick über die Bodenkontamination oder Anomalien der Umweltradioaktivität erlaubt. Darüber hinaus wurden Messungen zur Bestimmung der Eigenaktivität des gesamten Meßsystems sowie des Einflusses der Höhenstrahlung und von Rn-222 bzw. seinen Folgeprodukten in Luft auf die Detektorresponse durchgeführt.

Vom 14. – 16. September 1998 fand eine weitere gemeinsame Übung des Bundesamtes für Strahlenschutz und der Bundesgrenzschutz-Fliegergruppe unter Beteiligung sämtlicher fünf Bundesgrenzschutz-Fliegerstaffeln im Raum Deggendorf statt. In dieser Übung wurde der zusammengefaßte Einsatz von vier Hubschraubern des Bundesgrenzschutzes, ausgerüstet mit den Meßsystemen des Bundesamtes für Strahlenschutz, zur großräumigen nuklid-spezifischen Messung der Bodenkontamination nach einer störfallbedingten Freisetzung aus einer kerntechnischen Anlage geübt. Obwohl vor Ort wegen der unerwartet schlechten Wetterbedingungen ein neues Übungsgebiet kurzfristig ausgewiesen werden mußte, konnten der zeitliche Rahmen der Übung eingehalten und die Übungsziele erreicht werden. Nicht zuletzt dank der sehr guten flugbetrieblichen Organisation, Vorbereitung und Durchführung der fliegerischen Aufgaben durch die Angehörigen des Bundesgrenzschutzes kann auch diese Übung als voller Erfolg gewertet werden.

Im Rahmen einer weiteren Übung wurde das BfS-Meßsystem zum Strahlenspiuren aus der Luft Vertretern der Bundeswehr vorgeführt.

Natürliche Gammastrahlungsexposition in Ost-Bayern

Nach Abschluß der flächendeckenden Grundpegelmessungen des BfS in den ostdeutschen Bundesländern im Jahre 1996 wurden die Ergebnisse mit denjeni-

gen aus den Jahren 1972 und 1974 für die westdeutschen Bundesländer zu einer gesamtdeutschen Darstellung der Verteilung der terrestrischen Gammastrahlung vereinigt. Im Ergebnis der Nachmessungen des Jahres 1997 zur Verifikation der Altdaten in ausgewählten Regionen der westdeutschen Bundesländer wurden größere Unterschiede insbesondere in Ost-Bayern festgestellt; die Kreismittelwerte alter und neuer Messungen wichen um bis zu 50% voneinander ab. Gemäß der in den 70er Jahren erzielten Ergebnisse sind Bayerischer und Oberpfälzer Wald die Regionen Deutschlands mit der höchsten natürlichen externen Strahlungsexposition: In drei Kreisen wurden damals mittlere Ortsdosisleistungen (ODL) zwischen 130 und 150 nSv/h ermittelt (in dem höchstexponierten ostdeutschen Kreis Aue-Schwarzenberg im Erzgebirge beträgt sie vergleichsweise nur 88 nSv/h). Diese Regionen sollten demnach die Höhe der in Deutschland großflächig anzutreffenden externen Strahlungsexpositionen bestimmen, die letztlich auch für die Bewertung künstlicher Expositionen der Bevölkerung von Bedeutung ist.

Die im Vorjahr begonnen Messungen wurden deshalb 1998 im Rahmen der personellen Möglichkeiten durch einige einwöchige Meßfahrten fortgesetzt und sollen im 1. Halbjahr 1999 abgeschlossen werden. Derzeit sind in 12 von 16 geplanten Kreisen die Messungen nahezu vollständig erfolgt. Bisher erfolgten ODL-Messungen an 600 Meßorten.

Die Messungen der interessierenden natürlichen ODL ist dadurch erschwert, daß die Region stellenweise relativ hoch durch Cs-137 von dem Chernobyl-Unfall kontaminiert ist. Die ODL-Messungen wurden deshalb durch gammaspektrometrische Analysen von Bodenproben ergänzt. In den meisten Gebieten lag der ODL-Anteil durch Cs-137 unterhalb 5 nSv/h. Stellenweise muß aber auch noch mit Werten über 10 nSv/h gerechnet werden, hauptsächlich über ungestörten Grünflächen; der höchste ermittelte Wert betrug 34 nSv/h.

Die auffällig hohen natürlichen ODL-Niveaus aus den Messungen der 70er Jahre konnten nicht bestätigt werden. Für die sieben Kreise, in denen ODL von mehr als 100 nSv/h im Mittel angegeben wur-

den, liegen die nunmehr ermittelten Mittelwerte ca. 50% niedriger. Sie erreichen Werte bis etwa 90 nSv/h und liegen damit etwa in dem Niveau, das beispielsweise auch im sächsischen Erzgebirge vorkommt.

Inkorporationsmessungen

Verfahren der Inkorporationsüberwachung

Der Analysebereich des Ganzkörperzählers wurde bis zu Photonenenergien von 3 MeV erweitert. Dazu erfolgte die Kalibrierung des NaI(Tl)-Ganzkörpermeßsystems und des stationären Germaniumdetektors mit einem homogenen Th-232-Flaschenphantom. Die Spektrenanalyse wurde durch ein Verfahren mit grafischer Oberfläche zur interaktiven Multiplettentfaltung ergänzt.

Das Fachgebiet ist beteiligt an der Begleitung des Forschungsvorhabens St.Sch. 4053 – Verfahren zur Inkorporationsüberwachung: Untersuchungen zur Messung und Interpretation von Radionuklidabscheidungen über die Ausatemluft, insbesondere für Thoriumprodukte. Der derzeitige Entwicklungsstand berechtigt zu der Annahme, daß das Verfahren in der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung zur schnellen und einfachen Ermittlung der Thoriumaktivität eingesetzt werden kann.

Die Validierung des Interpretationsmodells und der Nachweisgrenze des Meßverfahrens zur In-vivo-Bestimmung von Pb-210 wurde mit Messungen an Probanden fortgesetzt. Die Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß das Meßverfahren zur retrospektiven Ermittlung der Exposition an Personen aus der Bevölkerung durch kurzlebige Radonzerfallsprodukte prinzipiell geeignet ist; der Einsatzbereich beschränkt sich jedoch auf den langjährigen Aufenthalt bei hohen Radonkonzentrationen ($> 2000 \text{ Bq/m}^3$).

Qualitätssicherung

Im Rahmen der Wahrnehmung von Aufgaben der Leitstelle für Inkorporationsüberwachung wurden Teilbereiche der exter-

nen und internen Qualitätssicherung bearbeitet.

Zum Test der eigenen Leistungsfähigkeit und zur Ableitung von Kriterien für die Durchführung und Beurteilung von Ringversuchen zur dosimetrischen Interpretation von Meßwerten der Inkorporationsüberwachung beteiligte sich das Fachgebiet erfolgreich am Ringversuch der IAEA (CRP on Intercomparison and Biokinetic Model Validation of Radionuclide Intake Assessment) 1997/98. Aus den Erfahrungen dieses Ringversuchs wurden Konsequenzen für die Durchführung von Ringversuchen der Leitstelle abgeleitet; insbesondere zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Dosisermittlungen.

In der Energiewerke Nord GmbH (Greifswald und Rheinsberg) erfolgten durch das Fachgebiet ST 3.2 die jährlichen Kalibrierüberprüfungen mit Masonite-Phantomen für die dortigen betrieblichen Inkorporationsmeßeinrichtungen (Thorax- und Schilddrüsenmonitore).

Messungen an speziellen Personengruppen

Im Rahmen eines EU-Projektes erfolgten Pb-210-Schädelmessungen an Personen aus der Bevölkerung, die langjährig in Wohnhäusern mit erhöhten Radonkonzentrationen (Langzeitmeßwerte bis etwa 2000 Bq/m³) leben. Die gemessenen Pb-210-Skelettaktivitäten korrelieren mit modellmäßig abgeleiteten Erwartungswerten.

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 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 wieder Körpergehalte der Radionuklide Eu-

152/Eu-154 ermittelt werden, die auf Inkorporationen in den 80-er Jahren zurückzuführen sind.

Neutronendosimetrie an CASTOR-Behältern

Die Aktivitäten der letzten Jahre im Zusammenhang mit der Strahlenexposition an Transport- und Lagerbehältern für abgebrannten Kernbrennstoff wurden fortgesetzt. Im Hinblick auf Konzepte zur dezentralen Lagerung von CASTOR-Behältern fanden Messungen im Strahlungsfeld eines CASTOR V/19 mit Zusatzabschirmungen statt. Dabei bildete die Analyse der Neutronenkomponente mit spektrometrischen Methoden erneut einen inhaltlichen Schwerpunkt.

Weitere Arbeiten betrafen methodische Untersuchungen zur Ermittlung der äußeren Strahlenexposition des Begleitpersonals von CASTOR-Transporten. Hierzu gehörte u. a. die Mitarbeit in einer im Auftrag des BMU gegründeten Arbeitsgruppe des Ausschusses „Strahlenschutztechnik“ der SSK. Eine Aufgabe dieses Gremiums war die Festlegung geeigneter Verfahren zur Bestimmung der Personendosis des Begleitpersonals im Bereich kleiner Dosen. Dazu wurde in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Karlsruhe, der Physikalisch Technischen Bundesanstalt und den amtlichen Meßstellen der Länder ein Meßvergleich aller Neutronen-Personen-Dosimetersysteme durchgeführt und ausgewertet. Darauf gestützt wurde das Auswerteverfahren und die Nachweisgrenze vereinheitlicht. Unter Berücksichtigung aller Einsatzbedingungen dieses Personenkreis beträgt die Nachweisgrenze des Albedodosimeters für die Gesamtdosis 0,1 mSv, ein Wert der auch in der Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen angewendet wird.

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 Bestrahlungseinrichtungen 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.

Die im Jahr 1996 aufgebaute Datenbank über bauartzugelassene Vorrichtungen, die radioaktive Stoffe enthalten, wurde weitergeführt und durch neue Daten ergänzt. In dieser Datenbank sind Informationen über alle derzeit gültigen Bauartzulassungen der Bundesländer enthalten. Eine zweite, neu eingerichtete Datei enthält Angaben über seit 1996 erloschene Bauartzulassungen.

Jährlich neu wird die Datenbank über besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen, Betrieb von Beschleunigern und bei der Beförderung radioaktiven Stoffe erstellt. 1997 traten insgesamt 82 besondere Vorkommnisse auf, wovon 12 dem medizinischen Bereich und 24 dem nichtmedizinischen Bereich zuzuordnen sind. 46 Vorkommnisse ereigneten sich in der Öffentlichkeit, davon 6 Ereignisse bei der Beförderung und 40 Ereignisse unter der Rubrik Fund/Sicherstellung radioaktiver Stoffe. Um die Meldung, Bewertung und das Feedback der Erfahrungen beschleunigen und qualifizieren zu können, wurde ein Meldeschema für die Erfassung der Vorkommnisse erarbeitet.

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.

Im Jahr 1998 wurden theoretische Arbeiten im Zusammenhang der Feststellung und Bewertung von Oberflächenkontaminationen begonnen.

Konformität der Richtlinien zur Strahlenschutzüberwachung von Personal und Umwelt mit den Anforderungen an Prüflaboratorien gemäß DIN EN 45001

T. Beck

Die zum Teil weitreichenden politischen, ökonomischen und rechtlichen Konsequenzen, die im Ergebnis der Strahlenschutzüberwachung auftreten können, stellen besonders hohe qualitative Anforderungen an die Arbeit von Meßstellen. Allgemeine Anforderungen an die Zulassung von Dosismeßstellen definiert die Richtlinie 96/29/EURATOM. Demnach ist eine zugelassene Dosismeßstelle „für das Kalibrieren, Ablesen und Auswerten der von individuellen Überwachungsgeräten registrierten Werte bzw. für die Messung der Radioaktivität im menschlichen Körper oder in biologischen Proben bzw. für die Bewertung von Dosen“ zuständig. Sie besitzt eine anerkannte „Qualifikation in dieser Hinsicht von den zuständigen Behörden“.

Um einem hohen Qualitätsstandard gerecht zu werden, wird in der Bundesrepublik sowohl die Arbeit von Meßstellen zur Strahlenschutzüberwachung von Personal als auch die Arbeit von Meßstellen zur Überwachung des Strahlenschutzes in der Umwelt durch folgende Richtlinien einheitlich geregelt:

- Richtlinie über Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen [1],
- Richtlinie über Anforderungen an Personendosismeßstellen nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung [2],
- Richtlinie für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz [3],
- Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen [4],
- Richtlinie zur Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken [5].

Die Strahlenschutzüberwachung wird in der Regel von durch Bundes- oder Lan-

Anforderungen nach DIN EN 45001	Anforderungen an Meßstellen			
	Inkorporation [1]			
	Personendosis [2]			
	Umgebung [3]			
				REI [4,5]
Das Prüflaboratorium muß rechtlich identifizierbar sein.	) ^a	) ^a	) ^a	) ^a
Das Prüflaboratorium und sein Personal müssen Unparteilichkeit, Unabhängigkeit und Integrität gewährleisten.	X	X		X) ^b
Das Prüflaboratorium hat ein Qualitätsmanagementsystem zu betreiben, dessen Elemente in einem QM-Handbuch zu beschreiben sind. Es sind ein oder mehrere Mitarbeiter zu benennen, die für das Qualitätsmanagement des Prüflaboratoriums verantwortlich sind. Das Qualitätsmanagementsystem ist regelmäßig zu überwachen.				
Das Prüflaboratorium muß über geeignete schriftliche Anweisungen, Normen, Handbücher und Referenzdaten verfügen, die auf dem neuesten Stand gehalten werden und dem Personal zugänglich sind.	X	X	X	X
Jeder Mitarbeiter des Prüflaboratoriums muß Umfang und Grenzen seines Verantwortungsbereiches kennen.				
Das Prüflaboratorium muß genügend Personal haben, das zur Erfüllung seiner Aufgaben über die notwendige Ausbildung, Schulung, technische Kenntnis und Erfahrung verfügt.	X	X		X
Das Prüflaboratorium muß mit allen Räumlichkeiten und Einrichtungen für eine ordnungsgemäße Durchführung der Prüfungen und Messungen versehen sein.	X	X		
Über alle wichtigen Prüf- und Meßeinrichtungen sind Aufzeichnungen anzufertigen. Alle Meß- und Prüfeinrichtungen sind regelmäßig zu warten und nach einem festgelegten Programm zu kalibrieren. Durch diese Kalibrierung soll soweit wie möglich eine Rückführbarkeit der Messungen auf nationale oder internationale Normale sichergestellt werden.	X	X	X	X
Die vom Prüflaboratorium durchgeführten Arbeiten sind in einem Prüfbericht zusammenzufassen, der klar und eindeutig die Prüfergebnisse und alle wichtigen Informationen wiedergibt.	X	X	X	X
Das Prüflaboratorium muß Rohdaten, abgeleitete Daten, Aufzeichnungen über die an der Prüfung beteiligten Personen und über Kalibrierungen sowie den endgültigen Prüfbericht über einen angemessenen Zeitraum aufbewahren. Die Aufzeichnungen müssen genügend Angaben enthalten, um gegebenenfalls eine Wiederholung der Prüfung zu gestatten.	X	X		X
Die Identifizierung der zu prüfenden Proben oder Prüfgegenstände muß systematisch durch Dokumente oder Kennzeichnung erfolgen.	X	X		X
Das Prüflaboratorium hat die Vertraulichkeit sicherzustellen.	X	X		X) ^c
Das Prüflaboratorium hat in der Regel die Prüfungen, zu denen es sich vertraglich verpflichtet hat, selbst durchzuführen. Eine Unterauftragsvergabe darf nur in Absprache mit dem Auftraggeber erfolgen. Dabei muß das Prüflaboratorium sicherstellen und nachweisen können, daß sein Unterauftraggeber kompetent ist, die Dienstleistung zu erbringen.	X			X
Das Prüflaboratorium hat mit dem Auftraggeber oder dessen Vertreter so zusammenzuarbeiten, daß dieser den Auftrag erläutern und die Leistung des Prüflabors in bezug auf die durchzuführende Arbeit übersehen kann. Das Prüflaboratorium muß über ein festgelegtes dokumentiertes Beschwerdeverfahren verfügen, das auf Anfrage zur Verfügung stehen muß.	) ^d	) ^d	) ^d	) ^d
Das Prüflaboratorium hat mit der Stelle, die Akkreditierung gewährt, und ihrem Vertreter soweit wie notwendig angemessen zusammenzuarbeiten, damit diese die Erfüllung dieser Anforderungen und anderer Kriterien überwachen kann.				
Dem Prüflaboratorium wird nahegelegt, mit anderen Laboratorien und mit Stellen, die Normen erarbeiten, zusammenzuarbeiten. Das Ziel ist, über einheitliche Prüfverfahren zu verfügen und die Prüfqualität, soweit möglich zu verbessern.				

)^a Anforderung wird durch den Kontext der Richtlinie erfüllt (z.B. Meßstelle ist nach Bundes- oder Landesrecht zuständig, wird behördlich benannt oder sonst bestimmt).
)^b nur für Meßstellen, die die Kontrolle der Eigenüberwachung der Genehmigungsinhaber durchführen, geregelt
)^c mit Einschränkungen geregelt
)^d Bei nach Bundes- oder Landesrecht zuständigen Meßstellen durch interne Dienststanweisungen geregelt.

Tabelle ST-1

Anforderungen an Prüflaboratorien nach DIN EN 45001 und das Vorhandensein konformer Formulierungen in den Richtlinien über Anforderungen an Inkorporations- und Personendosismeßstellen, in der Richtlinie für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und in der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen

desrecht festgelegten Meßstellen durchgeführt. Zusätzlich hat der Genehmigungsinhaber von kerntechnischen Anlagen im Rahmen der Eigenüberwachung Meßstellen zu betreiben. Die zuständige Behörde kann weitere Meßstellen/Sachverständige für die Strahlenschutzüberwachung benennen. Die Aufgabe der zuständigen Behörden ist es, die Einhaltung der Richtlinien und die Qualifikation der Meßstellen zu überprüfen.

In Ergänzung zu den geltenden Richtlinien ist die europäische Norm Allgemeine Kriterien zum Betreiben von Prüflaboratorien, DIN EN 45001[6] ein hilfreicher und praxiserprobter Leitfad für die Bewertung der Qualifikation einer Meßstelle. Die Norm definiert die Prüfung als „technischen Vorgang, der aus dem Bestimmen eines oder mehrerer Kennwerte eines bestimmten Erzeugnisses, Verfahrens oder einer Dienstleistung besteht und

gemäß einer vorgeschriebenen Verfahrensanweisung durchzuführen ist“. Die Strahlenschutzüberwachung von Personal und Umwelt entspricht dieser Definition, indem mit einem zugelassenen oder einem sonst geeigneten Meßgerät und/oder mit einem vorgeschriebenen Verfahren die Prüfung der Einhaltung des Strahlenschutzes durch Bestimmung der dafür relevanten Kennwerte erfolgt.

Die DIN EN 45001 erweitert die durch die entsprechenden Richtlinien vorgegebenen Kriterien an eine Meßstelle durch die Forderung nach einem umfassenden Qualitätsmanagementsystem. Das Qualitätsmanagementsystem muß die Gesamtheit der aufbau- und ablauforganisatorischen Mittel, die zur Umsetzung der qualitätsbezogenen Tätigkeiten und Zielsetzungen nötig sind, umfassen. Auf der Grundlage der Bewertung des Qualitätsmanagementsystems einer Meßstelle, in welchem die geltenden Richtlinien für die Überwachung von Personal und Umwelt integriert sind, kann ihre Qualifikation zur Strahlenschutzüberwachung durch die zuständige Behörde nach einheitlichen Gesichtspunkten anerkannt werden. Für eine zugelassene Meßstelle bedeutet dieses das Offenlegen der gesamten Tätigkeiten und Informationen, die zum Erreichen, zur Einhaltung und zur Verbesserung der von der zuständigen Behörde vorgegebenen Qualitätsziele beitragen.

In der **Tabelle ST-1** sind die Anforderungen an Prüflaboratorien nach DIN EN 45001 und das Vorhandensein konformer Formulierungen sowohl in den Richtlinien über Anforderungen an Inkorporations- und Personendosismeßstellen, in der Richtlinie für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt als auch in der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen und der Richtlinie zur Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken angegeben.

Die Richtlinie 96/29/EURATOM bezieht „Arbeiten bei denen das Vorhandensein natürlicher Strahlenquellen die Exposition der Arbeitnehmer oder von Einzelpersonen der Bevölkerung so erheblich erhöht, daß dies aus der Sicht des Strahlenschutzes nicht außer acht gelassen werden darf“, in die Strahlenschutzüberwachung

ein. Bezüglich der Strahlenexpositionen durch Radon und Radonfolgeprodukte wird im Fachgebiet ST1.2 die Umsetzung dieser Richtlinie in nationales Recht durch Erarbeiten von Grundsätzen und Empfehlungen zur Einordnung in das bisherige Regelsystem unterstützt. Auf der Grundlage der Richtlinien zur Strahlenschutzüberwachung von Personal und Umwelt, den Anforderungen der DIN EN 45001 und den vorliegenden praktischen Erfahrungen werden Konzepte für Meßsysteme zur Bestimmung der Expositionen durch Radon und/oder Radonfolgeprodukte an Arbeitsplätzen und Forderungen an die Qualitätssicherung entwickelt.

- [1] Richtlinie über Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen, GMBI 1996, 996
- [2] Richtlinie über Anforderungen an Personendosismeßstellen nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung, GMBI 1994, 967
- [3] Richtlinie für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz, GMBI 1994, 930
- [4] Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, GMBI 1993, 502
- [5] Richtlinie zur Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken, GMBI 1996, 247
- [6] DIN EN 45001, Allgemeine Kriterien zum Betreiben von Prüflaboratorien, DIN 1989

Qualitätssicherung bei der Bestimmung von Radonkonzentrationen mit dem passiven Meßsystem des BfS

T. Beck, C. Dushe, V. Schmidt

Das passive Meßsystem des BfS auf der Basis von Kernspurdetektoren gehört zu den Standardverfahren bei der Ermittlung der natürlichen Strahlenbelastungen durch Radon in Gebäuden und im Freien. Das Meßprinzip nutzt die Diffusion des Edelgases Radon durch ein Glasfaserfilter in eine Meßkammer. Die beim radioaktiven

Zerfall emittierten Alphateilchen werden mit einem Festkörperspurdetektor nachgewiesen. Der gesamte Verfahrensablauf zur Bestimmung der Radonkonzentration mit dem vom BfS angewendeten passiven Meßsystem ist in der **Abbildung ST-1** angegeben.

In den vergangenen Jahren wurden intensive Untersuchungen zur Verbesserung der Zuverlässigkeit der Meßwerte durchgeführt. Dabei wurden kritische Parameter im Auswerteprozess erkannt und geeignete Überwachungsmethoden dieser Parameter in die Routineanwendung eingeführt. Im Ergebnis der Untersuchungen konnte die Zuverlässigkeit verbessert und der Meßbereich des Systems auf niedrige und hohe Radonexpositionen ausgedehnt werden. Das Meßsystem ist heute in einem Expositionsbereich von 35 kBq h m^{-3} (Nachweisgrenze) bis $35000 \text{ kBq h m}^{-3}$ einsetzbar. Damit ist das passive Meßsystem des BfS für alle Meßaufgaben zur Bestimmung der Radonexposition anwendbar. Zusätzlich wurde eine leistungsfähige Datenbank entwickelt, die das Auswertesystem steuert und somit die automatische Auswertung der Detektoren ermöglicht. Mit Hilfe der Datenbank wird auch die Berechnung der Radonkonzentration und die Verwaltung einer großen Anzahl von Meßergebnissen durchgeführt.

Qualitätssicherung im routinemäßigen Laborbetrieb

Für die Qualitätsprüfung und die damit verbundene Kontrolle des Auswerteprozesses übernimmt die Datenbank in Verbindung mit dem Bildverarbeitungssystem die Überwachung und die Aufnahme aller kritischen Parameter. Dadurch ist es möglich, nicht nur momentane Abweichungen zu erkennen und zu korrigieren, sondern auch die Änderung der Parameter über einen langen Zeitraum zu verfolgen. Dies gestattet die Überwachung der Langzeitstabilität aller Komponenten des Auswerteprozesses und die Bestätigung der Systemkalibrierungen. In der **Tabelle 2** sind die physikalischen Parameter, die während der Auswertungsarbeiten erfaßt werden, zusammengestellt. Die Tabelle gibt außerdem die Verfahrensprozesse an,

deren Qualitätssicherung durch die physikalischen Parameter kontrolliert wird.

In der **Abbildung ST-1** ist auch das in der Routine angewendete System der Quali-

tätssicherung dargestellt. Neben jedem Verfahrensschritt sind die Maßnahmen zur Qualitätsprüfung und das notwendige Dokumentations- und Aufzeichnungssystem angegeben. Das gegenwärtig ein-

gesetzte Qualitätssicherungssystem entspricht folgenden Anforderungen der europäischen Norm „Allgemeine Kriterien zum Betreiben von Prüflaboratorien“, DIN EN 45001:

- Darstellung der allgemeinen und speziellen Maßnahmen der Qualitätssicherung,
- Identifizierung der Meßsysteme und Meßergebnisse durch Dokumentation und Kennzeichnung,
- Überwachung der Lagerung und Auswertung der Detektoren zur Vermeidung von Fehlinterpretationen,
- Aufzeichnung aller notwendigen Daten, Beobachtungen, Berechnungen, Kalibrierungen und sonstiger Angaben und deren Aufbewahrung über einen angemessenen Zeitraum zur nachträglichen Verifikation der Meßergebnisse,
- Erstellung eines umfassenden Ergebnisberichtes,
- Kalibrierung des Meßsystems in regelmäßigen Abständen in einer bekannten Radonatmosphäre eines zertifizierten Kalibrierlabors.

Zukünftige Entwicklungen des Qualitätssicherungssystem für das passive Meßsystem des BfS zur Bestimmung der Radonkonzentration werden das Ziel haben, die Konformität zur geltenden DIN EN 45001 weiter zu erhöhen. Dadurch wird zugleich ein standardisiertes, für die Zertifizierung geeignetes Qualitätsmanagementsystem für Meßstellen zur Strahlenschutzüberwachung von Personal und Umwelt entwickelt und im praktischen Einsatz erprobt.

Vergleichende Messungen von Rn-222 mit BfS-Diffusionskammern und elektronischen Meßgeräten unter Freiluftbedingungen

Neben den beim Auswerteprozeß im Laborbetrieb auftretenden Fehlereinflüssen unterliegt die Messung von Radon mit passiven Systemen auch Meßfehlern, die durch die Klimaeinflüsse am Meßort hervorgerufen werden. Die klimatischen Bedingungen beeinflussen dabei die stochastischen Prozesse während der

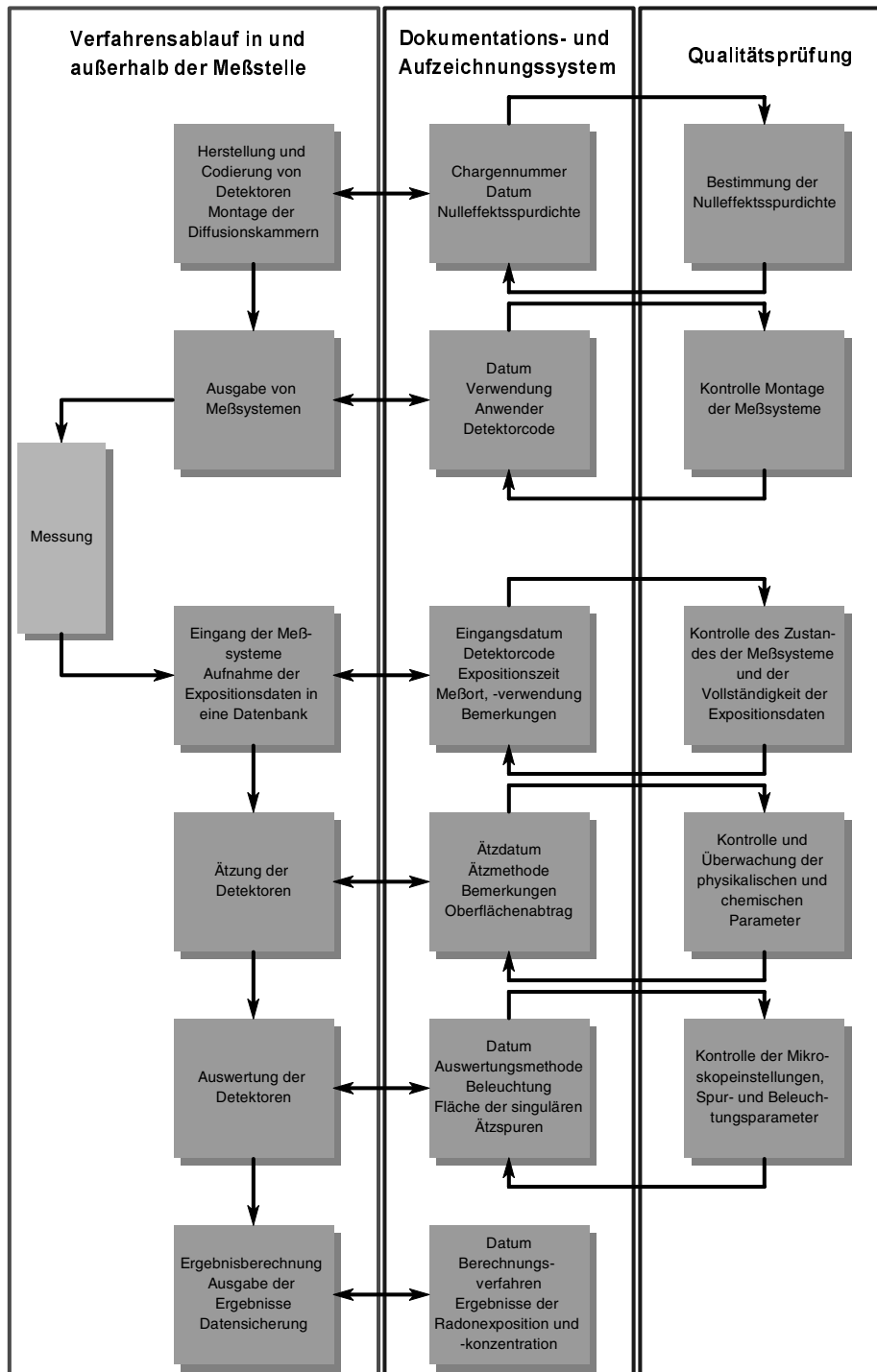


Abbildung ST-1

Das Qualitätssicherungssystem während der routinemäßigen Messungen

Messung. Dazu zählen sowohl Änderungen der Diffusionseigenschaften des Meßsystems, Änderungen des Absorptionsvermögens der Alphateilchen beim Durchdringen des Kammervolumens, Änderungen der Spurbildungseigenschaften im Detektor als auch Veränderungen im Speichervermögen latenter Spuren (Fading).

Einige dieser Prozesse werden von Klimaparametern wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck beeinflusst. Dadurch kann es zur Abhängigkeit des Meßeffektes von Umwelteinflüssen kommen, die jedoch auch von der speziellen Konstruktion der Meßkammer und dem verwendeten Detektormaterial abhängt. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse der in der Literatur beschriebenen Untersuchungen zu diesen Einflüssen nicht auf die im BfS verwendete Bauform übertragbar und eigene Untersuchungen notwendig.

Die Langzeitexposition von Diffusionskammern bei verschiedenen Klimaparametern erfordert im Labor einen hohen Aufwand zur Bereitstellung von Radonreferenzatmosphären und zur Meßwerterfassung. Aus diesem Grund wurde in einem Langzeitversuch bei einer Freiluftexposition über ein Jahr getestet, ob die Ergebnisse mit BfS-Diffusionskammern, die auf der Grundlage von Laborkalibrierungen bei Kurzzeitexposition gewonnen wurden, signifikant von Vergleichsmessungen mit anderen Meßprinzipien, bei denen geringere Umwelteinflüsse zu erwarten sind, abweichen.

Für den Freiluftversuch konnten verschiedene, mit aktiven Meßsystemen ausgestattete Meßpunkte genutzt werden, an denen routinemäßig im Rahmen des Umweltmeßnetzes der WISMUT-GmbH die Aktivitätskonzentration von Rn-222 in der Atmosphäre gemessen wird. An diesen Meßpunkten wurden BfS-Diffusionskammern unter gleichen Probenahmebedingungen exponiert, um die Ergebnisse mit den Meßwerten der kontinuierlich messenden Radonmonitore zu vergleichen.

Um statistisch gesicherte Aussagen zur Übereinstimmung der Meßwerte zu erhalten, wurden die Vergleichsmessungen an insgesamt 6 Meßpunkten, an denen die Radonkonzentration mit elektronischen Radonmeßgeräten vom Typ Alphaguard

gemessen wird, durchgeführt. Die Meßstellen befanden sich im Bereich des ehemaligen Tagebaues Lichtenberg und ließen Radonaktivitätskonzentrationen erwarten, die deutlich oberhalb der unteren Meßgrenze der BfS-Diffusionskammern (ca. 15 Bq/m³ bei 3-monatiger Exposition) liegen. Pro Meßort und Wechselzyklus wurden jeweils 2 Diffusionskammern verwendet.

Um bei dem Versuch einerseits Erkenntnisse über eventuell jahreszeitlich bedingte Klimaeinflüsse und andererseits über Langzeiteffekte bei der Exposition zu erhalten, wurden eine Gesamtexpositionszeit von 12 Monaten und folgendes Regime für die Exposition festgelegt:

Expositionszeit 6 Monate (Langzeitexposition; maximale Expositionszeit; zweimaliger Wechsel)

Expositionszeit 3 Monate (jahreszeitliche Auflösung, viermaliger Wechsel)

Zum Vergleich der beiden Meßverfahren wurden jeweils die relativen Abweichungen (Δ)

$$\Delta = m / m_{\text{Ref}} - 1$$

der Werte aus den Diffusionskammermessungen (m) zum Meßwert des Alphaguard (m_{Ref}) berechnet und die Mittelwerte der jeweiligen Expositionszyklen sowie die Mittelwerte für alle 3-Monats- und alle Halbjahresexpositionen gebildet. Um zu beurteilen, ob die gefundenen Abweichungen als signifikant zu betrachten sind, wurden diese mit der statistisch ermittelten Unsicherheit für alle in die Berechnung einbezogenen Einzelwerte der Abweichungen verglichen. Als Kriterium für die Signifikanz der Abweichungen wurde die

Überschreitung der einfachen Standardabweichung gewählt. Abweichungen zwischen Meßwert der Diffusionskammern und Vergleichsmessung sollen dann als signifikant angesehen werden, wenn der Mittelwert der Abweichungen größer als die Standardabweichung des Mittelwertes ist. In der **Tabelle ST-2** sind die Abweichungen Δ und die statistische Unsicherheit S_{Δ} (einfache Standardabweichung) als Mittel über alle Meßpunkte für die einzelnen Expositionszyklen sowie als Mittel über alle Meßpunkte und Meßzyklen mit gleicher Expositionsdauer angegeben. Zusätzlich sind die mittlere Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit für die einzelnen Expositionsperioden dargestellt

Die Ergebnisse lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

- Wie aus der **Tabelle ST-3** ersichtlich, beträgt die Abweichung des Mittelwertes aus allen 3-Monatsexpositionen zwischen Diffusionskammer- und Vergleichsmessungen $-0,04 \pm 0,06$. Damit liegt der Mittelwert im Bereich der statistischen Unsicherheit und stellt keine signifikante Abweichung dar. Das bedeutet, daß hier keine durch Freiluftmeßbedingungen bedingten Einflüsse erkennbar sind. Auch die Abweichungen der einzelnen Expositionszyklen liegen im Bereich der jeweiligen statistischen Fehler oder nur geringfügig darüber. Damit sind auch keine jahreszeitlich bedingten Einflüsse nachweisbar.
- Bei den Halbjahres-Expositionen beträgt der Mittelwert für die relativen Abweichungen und der dazugehörige Bereich für die statistische Unsicherheit der Meßwerte von Diffusions-

Parameter	Qualitätssicherung
Spurdichte nichtexponierter Detektoren (Nulleffektsspurdichte)	Konstanz des Nulleffektes, Lagerbedingungen, Materialveränderungen
Dicke des Oberflächenabtrages während der Ätzung	Kontrolle der Stabilität des Ätzprozesses (Kontrolle der Zusammensetzung der Ätzlösung, der Temperatur, der Ätzzeit u.a.)
Spurparameter (z.B. mittlere Spurfläche singulärer Spuren)	Kontrolle Stabilität des Ätzprozesses, Kontrolle der Einstellungen am Mikroskop und der Beleuchtungseinstellung

Tabelle ST-2

Die Überwachung von physikalischen Parametern zur Qualitätssicherung definierter Verfahrensprozesse

kammern und Vergleichsmessungen $-0,03 \pm 0,05$. Damit sind auch bei Langzeitexposition keine signifikanten Unterschiede zwischen Vergleichsmessung und Diffusionskammernmessungen nachweisbar und die durch die Freiluftexposition bedingten Einflüsse von Umweltbedingungen können vernachlässigt werden.

- Wegen der guten Übereinstimmung zwischen den mit den BfS-Diffusionskammern ermittelten Meßwerten und den Werten der elektronischen Vergleichsmessung sind keine weitergehenden Untersuchungen zum Einfluß von Klima- und Langzeiteffekten auf die Aussagekraft der Messung von Rn-222 mit BfS-Diffusionskammern unter Freiluftbedingungen notwendig. Bei Änderungen der Kammergeometrie, bei Verwendung anderer Detektormaterialien oder bei Änderungen des Ätzprozesses ist die gute Übereinstimmung nicht zwangsläufig gewährleistet und die Vergleichsmessungen müßten gegebenenfalls wiederholt werden.

- [1] Vasudevan, E. McLain
„Atmospheric Pressure Effects on the Calibration Constant of Alpha-Track Radon Detectors“, HEALTH Physics 66, (1964) p. 3, 318–326
- [2] Schaible, T. et. al.
„Einfluß des atmosphärischen Drucks auf Radonmessungen mit Kernspurdetektoren“, Proceedings der 30. Jahrestagung des Fachverbandes

für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz in Lindau vom 28.09.1998 bis 02. 10. 1998, Band I, 411–416

Untersuchung zur Abhängigkeit der spezifischen Aktivität natürlicher Radionuklide von der Korngröße bei Haldenmaterialien

A. Richter *, W. Meyer, M. Kümmel

Bisherige Untersuchungen zur Abhängigkeit der spezifischen Aktivität von der Korngröße haben bei Haldenmaterial ergeben, daß in kleinen Korngrößenbereichen höhere Werte der spezifischen Aktivität vorliegen. Wegen der Proportionalität der aus einer Nuklidaufnahme resultierenden inneren Strahlenbelastung zur spezifischen Aktivität des aufgenommenen Materials ist dieser Effekt bei der Berechnung der Strahlenexposition durch bergbauliche Hinterlassenschaften zu berücksichtigen. So wird in [1] für den Expositionspfad „Inhalation von resuspendiertem Staub“ die Kenntnis der spezifischen Aktivität des für die Inhalation radiologisch bedeutsamen Korngrößenbereiches vor-

ausgesetzt. Da eine Bestimmung der spezifischen Aktivität dieser sog. Feinkornfraktion einen hohen Bearbeitungsaufwand erfordert, wurden Untersuchungen durchgeführt, um die bereits vorliegenden Ergebnisse zu verallgemeinern, um einen möglichst generell anwendbaren Faktor zu bestimmen, der das Verhältnis der spezifischen Aktivität eines Radionuklides in einer Kornfraktion zur spezifischen Aktivität dieses Radionuklides in der Gesamtprobe beschreibt („Aufkonzentrationsfaktor“). Mit Hilfe dieses Faktors kann die spezifische Aktivität der für die Expositionsrechnungen relevanten Korngrößenfraktion aus der spezifischen Aktivität der Gesamtprobe ermittelt werden. Deshalb wurden Untersuchungen zur Fraktionierung von Haldenmaterialproben und zur Ermittlung der spezifischen Aktivität in den Korngrößenfraktionen durchgeführt. Diesem Ziel diene auch eine vom BfS betreute Diplomarbeit [2].

Die experimentellen Untersuchungen wurden an einer Bergehalde des Uranbergbaus durchgeführt, die typisch für den sächsischen Gangerzbergbau ist.

Bei den Materialproben wurde durch Siebung eine Trennung in folgende vier Korngrößenklassen durchgeführt:

- Korngröße > 2 mm
- Korngröße $> 0,063$ mm und < 2 mm
- Korngröße $> 0,02$ mm und $< 0,063$ mm
- Korngröße $< 0,02$ mm

Die spezifischen Aktivitäten der Radionuklide U-238, U-235, Ac-227, Ra-228, Ra-226, Pb-210, Cs-137 und K-40 in den Proben wurden gammaspektrometrisch bestimmt.

Ergebnisse

Methodische Untersuchungen zur Aufbereitung der Haldenproben ergaben, daß die zur Ermittlung des Aufkonzentrationsfaktors erforderliche Fraktionierung der Materialien durch Naßsieben erfolgen muß, da beim Trockensieben der Feinkornanteil nicht vollständig von den größeren Partikeln entfernt werden kann. Werden dagegen nur Aussagen über die spezifische Aktivität der Feinkornfraktion

Messung	Dauer	Mittelwert über die Meßpunkte		Mittelwert über Meßpunkte und Meßzyklen		Meteorologische Daten	
	Monate	Δ	S_{Δ} (1 σ)	Δ	S_{Δ} (1 σ)	δ in °C	φ in %
1	3	-0,08	0,10			4	77
2	3	-0,13	0,09			11,2	64
3	3	-0,05	0,04			14,2	69
4	3	0,11	0,11	-0,04	0,06	2,3	81
5	6	-0,08	0,07			7,6	71
6	6	0,01	0,06	-0,03	0,05	8,3	75

Tabelle ST-3

Zusammenfassung der gemessenen Abweichungen $\Delta = m/m_{\text{Ref}} - 1$ und der dazugehörigen Standardabweichungen S_{Δ} (m : Meßwert der Diffusionskammer, m_{Ref} : Meßwert der Referenzmessung, d : Temperatur, j : relative Luftfeuchtigkeit)

(z. B. $< 0,063$ mm) benötigt, kann auf das aufwendigere Naßsieben verzichtet und die Feinkornfraktion durch Trockensieben abgetrennt werden. Weiterhin wurde festgestellt, daß bei der Naßsiebung eine Auswaschung der Aktivität der o. g. Nuklide aus den Proben vernachlässigbar gering ist.

Bei der Ermittlung des Aufkonzentrationsfaktors sollte so vorgegangen werden, daß die Gesamtaktivität aus den mit den Masseanteilen gewichteten Aktivitäten der einzelnen Fraktionen berechnet wird. Der Grund liegt darin, daß die häufig praktizierte Vorgehensweise, die Bestimmung der spezifischen Aktivität der interessierenden Fraktionen und die Bestimmung der Gesamtaktivität an unterschiedlichen Aliquoten einer Materialprobe vorzunehmen, eine oftmals nur schwer zu realisierende Homogenisierung der Ausgangsprobe voraussetzt.

Die für die untersuchte Halde ermittelten Aufkonzentrationsfaktoren wurden in **Tabelle ST-4** zusammengestellt. Deutlich zeigt sich eine Aufkonzentration zu den feineren Fraktionen hin. Der statistisch signifikante Unterschied zwischen den Aufkonzentrationsfaktoren in der Fraktion < 20 µm für U-235 und Ac-227 ist offensichtlich auf ein gestörtes radioaktives Gleichgewicht in der Actinium-Reihe zurückzuführen.

Da in der Praxis zur Verringerung des Aufwandes oftmals nur eine Fraktionierung durch Trockensiebung, d. h. nur bis zu einer Korngröße von 63 µm durchgeführt wird und für die Berechnung der Strahlenexposition durch Inhalation Korngrößenbereiche < 63 µm dosisrelevant sind, wurden für diesen Korngrößenbereich die Aufkonzentrationsfaktoren berechnet und in **Tabelle ST-4** dargestellt. Die Mittelwerte des Aufkonzentrationsfaktors liegen hier in einem Bereich zwischen 4 und 6. Die relativen Abweichungen gegenüber Werten für den Bereich < 20 µm betragen ca. -20 %.

Für die Berechnung der Strahlenexposition durch Direkt-Ingestion von Boden ist der Korngrößenbereich < 2 mm von Bedeutung. Die Werte des Aufkonzentrationsfaktors wurden durch Zusammenfassung der entsprechenden Fraktionen berechnet und ebenfalls in der **Tabelle ST-4** dargestellt. Man erkennt für diesen Korn-

Radionuklid	Mittelwerte des Aufkonzentrationsfaktors (in Klammern Standardabweichung) für die Korngrößenbereiche			
	> 2 mm	< 2 mm	$< 0,063$ mm	$< 0,020$ mm
U -238	0,7 (0,2)	2,3 (0,7)	4,8 (1,2)	5,8 (1,9)
Ra-226	0,8 (0,2)	1,8 (0,5)	4,1 (0,8)	5,2 (1,1)
Pb-210	0,7 (0,2)	1,9 (0,5)	4,7 (1,0)	6,2 (1,3)
U -235	0,7 (0,1)	2,3 (0,7)	4,8 (1,2)	5,8 (1,8)
Ac-227	0,6 (0,2)	2,5 (0,9)	6,3 (1,8)	8,5 (2,4)

Tabelle ST-4

An einer vogtländischen Bergehalde des Uranerzbergbaus ermittelte Aufkonzentrationsfaktoren

größenbereich einen mittleren Aufkonzentrationsfaktor von ca. 2 für alle Nuklide.

Der in [2] durchgeführte Vergleich der o. g. Aufkonzentrationsfaktoren mit den vom BfS im Rahmen des „Altlastenkatasters“ (ALASKA) und mit den von der Wismut GmbH bei vorbereitenden Untersuchungen für Sanierungsmaßnahmen gewonnenen Werten führte zu folgenden Ergebnissen:

Im Rahmen des „Altlastenkatasters“ wurden Materialproben aus Kostengründen nur durch Trockensiebung (bis zu einer Korngröße von 63 µm) fraktioniert. Eine Gegenüberstellung konnte deshalb nur für den entsprechenden Korngrößenbereich erfolgen. Der Vergleich wurde für die Bergehalde der Verdachtsfläche Zobes-Mechelgrün (VF 07) durchgeführt. Es zeigte sich, daß die Aufkonzentrationsfaktoren keine signifikanten Unterschiede aufweisen, und für diesen Haldentyp (Bergehalde des vogtländischen Uranerzbergbaus) die experimentell ermittelten Faktoren generell angewendet werden können. Dabei ist zu beachten, daß Aufkonzentrationsfaktoren nur dann miteinander vergleichbar sind, wenn sie von Halde mit ähnlicher Korngrößenverteilung stammen. Entsprechend der Definition des Aufkonzentrationsfaktors hängt dieser bekanntlich von den spezifischen Aktivitäten in der Gesamtprobe und der betrachteten Fraktion ab. Da die spezifische Aktivität in der betrachteten Fraktion aber

gleichzeitig Teil der spezifischen Aktivität in der Gesamtprobe ist, ergibt sich auch eine Abhängigkeit des Aufkonzentrationsfaktors von der Korngrößenverteilung der Probe. Im Rahmen dieser Arbeit konnte festgestellt werden, daß die für die untersuchte Halde berechneten Aufkonzentrationsfaktoren auf Halden übertragen werden können, bei denen der Feinkornanteil (< 63 µm) nicht mehr als 15 % beträgt.

Die aus Untersuchungen der Wismut GmbH an Halden aus dem Gebiet Niederschlema abgeleiteten Aufkonzentrationsfaktoren unterscheiden sich dagegen signifikant nicht nur von den für die vogtländischen Halden ermittelten Faktoren. Auch die für die einzelnen Halden in Niederschlema bestimmten Mittelwerte der Aufkonzentrationsfaktoren weisen signifikante Abweichungen auf.

Ob Abhängigkeiten der Aufkonzentrationsfaktoren von geologischen Unterschieden der Halden bestehen, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden. Allerdings gibt es zwischen den Standorten des Gangerzbergbaues, die alle zum hydrothermalen Typ gehören, Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens der typischen Mineralparagenesen. Weitere Ursachen für die genannten Unterschiede können sowohl die Verwitterung als auch die Abbautechnologie sein. Ebenfalls müssen auch mögliche Diskrepanzen in der Probenaufbereitung in Betracht gezogen werden.

Im Rahmen der Auswertung des „Altlastenkatasters“ sind weitere Arbeiten zum Aufkonzentrationsfaktor vorgesehen. Neben einer Überprüfung der bisher ermittelten Werte kommt es darauf an, die Übertragbarkeit von standortspezifischen Aufkonzentrationsfaktoren auf andere Standorte zu untersuchen.

- [1] Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität, (Berechnungsgrundlagen-Bergbau), Empfehlung der Strahlenschutzkommission vom 02./03.07. 1998
- [2] Richter, A.: Untersuchung zur Abhängigkeit der spezifischen Aktivität von der Korngröße bei Haldenmaterialien. Diplomarbeit, Westsächsische Hochschule Zwickau (FH), August 1998

Flächendeckende Untersuchungen über den Radongehalt des Trinkwassers in der Bundesrepublik Deutschland

H. Rühle, Th. Bünger, H. Viertel

Durchgeführtes Untersuchungsprogramm

Die bereits seit 1993 durchgeführten flächendeckenden Untersuchungen zum Radongehalt des Trinkwassers [1, 2] sind nunmehr weitgehend abgeschlossen. Ziel dieser Untersuchungen war es, für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland einen möglichst lückenlosen Überblick über den Radongehalt des Trinkwassers zu gewinnen.

Die Probenentnahmen des zu untersuchenden Trinkwassers erfolgten in den meisten Fällen bei privaten Verbrauchern, in wenigen Fällen in kleineren Wasserversorgungsanlagen, die Grundwasser, Quellwasser oder auch Schacht- und Stollenwässer ohne nennenswerte Aufbereitung in das jeweilige Trinkwassernetz einspeisen.

Ergebnisse

Ergebnisse liegen von derzeit 1883 erfaßten Probenentnahmestellen vor. Der Median der Rn-222-Konzentration im Trinkwasser hat sich geringfügig von 5,6 Bq/l [2] (1126 Werte) auf 5,9 Bq/l erhöht, etwa 10 % der Werte liegen oberhalb von 50 Bq/l, etwa 1 % aller Werte übersteigt die Konzentration von 500 Bq/l. Die Verteilung der Meßwerte zeigt eine näherungsweise logarithmische Normalverteilung (vgl. hierzu den früheren Beitrag [2]).

Um die bisher ermittelten Daten zur Radonkonzentration des Trinkwassers in Form einer übersichtlichen Karte darstellen zu können, wurden für die einzelnen Landkreise Mittelwerte gebildet. Die so berechneten Radonkonzentrationen wurden in vier Kategorien eingeteilt, die durch verschiedene Helligkeitsstufen gekennzeichnet sind (**Abbildung ST-2**). Da für viele Landkreise nur Ergebnisse von einer oder zwei Probenentnahmestellen vorliegen, ist diese Darstellung vorsichtig zu interpretieren. Dennoch erkennt man deutlich die Gebiete, in denen erwartungsgemäß hohe Konzentrationen im Trinkwasser auftreten, wie z. B. das Erzgebirge, Fichtelgebirge und der Bayerische Wald.

Strahlenexposition der Bevölkerung

Die Strahlenexposition H_e durch Aufnahme von Radon mit dem Trinkwasser (Ingestion) ergibt sich aus der Konzentration im Trinkwasser C_w , dem Wasserkonsum U_w und dem Dosiskoeffizienten g_i (jeweils unterschiedliche Werte für Erwachsene und Kinder) nach folgender Gleichung:

$$H_e = g_i \cdot U_w \cdot C_w$$

Bei der Abschätzung des Trinkwasserkonsums ist zu beachten, daß das Radon beim Erwärmen, Rühren oder Schütteln von Wasser ganz oder teilweise entweicht. Es ist üblich, als tägliche Aufnahmemenge etwa ein Glas frisch entnommenes Leitungswasser, aus dem Radon noch nicht entwichen ist, anzunehmen; zur Abschätzung der Dosis werden die Dosiskoeffizienten des Reports UNSCEAR 1993 [3] zugrunde gelegt (vgl. auch [2]).

In **Tabelle ST-5** sind die für verschiedene Konzentrationen von Rn-222 resultierenden effektiven Jahresdosen angegeben. Für eine Konzentration von 50 Bq/l im Trinkwasser, unterhalb der etwa 90 % der bei unseren Untersuchungen erfaßten Werte liegen, ergibt sich eine Jahresdosis von 0,025 mSv für Erwachsene und von 0,075 mSv für Kinder. Entsprechend dem Median der Rn-222-Konzentration im Trinkwasser von 5,9 Bq/l ergibt sich etwa 1/10 dieser Dosiswerte, die als vernachlässigbar klein gegenüber den Werten der natürlichen Strahlenexposition aus anderen Quellen angesehen werden können. Erst bei extrem hohen Konzentrationen von 500 Bq/l und darüber ergeben sich zumindest für Kinder Werte der Jahresdosis, die bei ca. 0,8 mSv liegen.

Zusätzlich zur Ingestion ist die Möglichkeit einer zusätzlichen Strahlenexposition durch Inhalation im Wohnraum gegeben. Radon kann aus dem Leitungswasser freigesetzt werden und in die Innenraumluft gelangen. Dies ist im häuslichen Bereich z. B. beim Duschen, beim Betrieb von Waschmaschinen und Geschirrspülern der Fall. Für den Wohnbereich ist mit einem Transferfaktor für den Übergang von Radon aus dem Trinkwasser in die Wohnraumluft von etwa $5 \cdot 10^{-5}$ bis $1 \cdot 10^{-4}$ zu rechnen [3]. Bei einer Trinkwasserkonzentration von 50 Bq/l tritt eine zusätzliche Konzentration der Innenraumluft von maximal etwa 5 Bq/m³ auf, bei einer mittleren Konzentration von 5 Bq/l eine zusätzliche Luftkonzentration von nur 0,5 Bq/m³. Diese Werte wurden für eine Luftwechselrate von 1/h abgeschätzt, was etwa dem normalen mittleren Luftaustausch bei geschlossenen Fenstern entspricht. Erst bei einer extrem hohen Rn-222-Konzentration im Trinkwasser von 500 Bq/l ergibt sich unter diesen Voraussetzungen eine zusätzliche Konzentration von ca. 50 Bq/m³ in der Luft, wobei im Badezimmer während des Duschens kurzzeitig auch höhere Raumluftkonzentrationen auftreten können.

Als Summe der abgeschätzten Werte der Strahlenexposition über die Pfade Ingestion und Inhalation ergeben sich die in **Abbildung ST-3** dargestellten Werte. Da die Inhalationswerte zur sicheren Seite hin berechnet wurden, stellen die Summen-

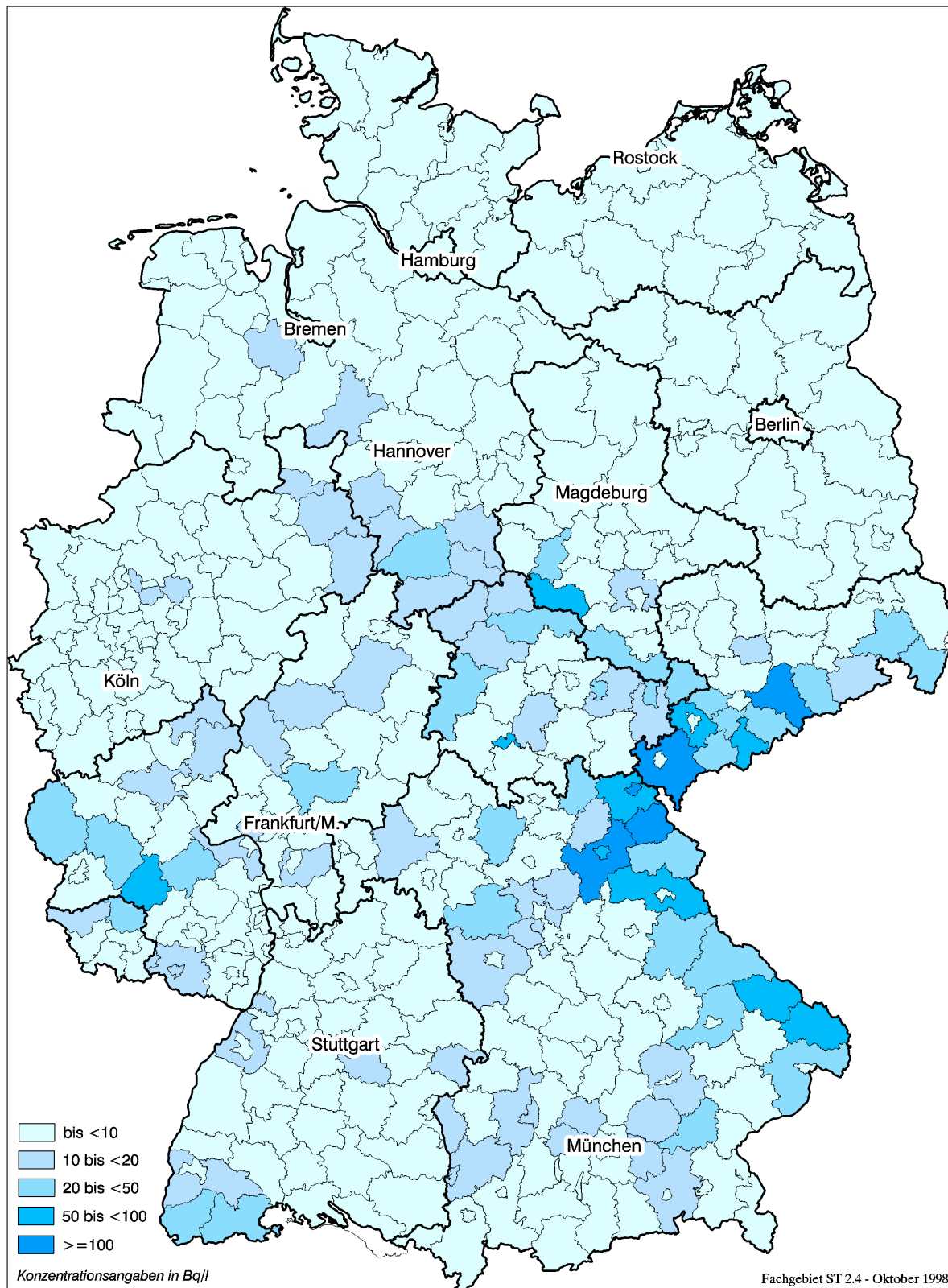


Abbildung ST-2
Mittlere Aktivitätskonzentration von Rn-222 im Trinkwasser

Konzentration	w in %	Effektive Jahresdosis in mSv	
		Erwachsene	Kinder
50	88,9	0,025	0,075
100	93,2	0,05	0,15
300	97,7	0,15	0,45
500	99,1	0,25	0,75

w = prozentuale Summenhäufigkeit der in der Bundesrepublik Deutschland gemessenen Radon- Konzentrationen im Trinkwasser

Tabelle ST-5
Mittlere effektive Jahresdosis durch Ingestion von Radon mit dem Trinkwasser

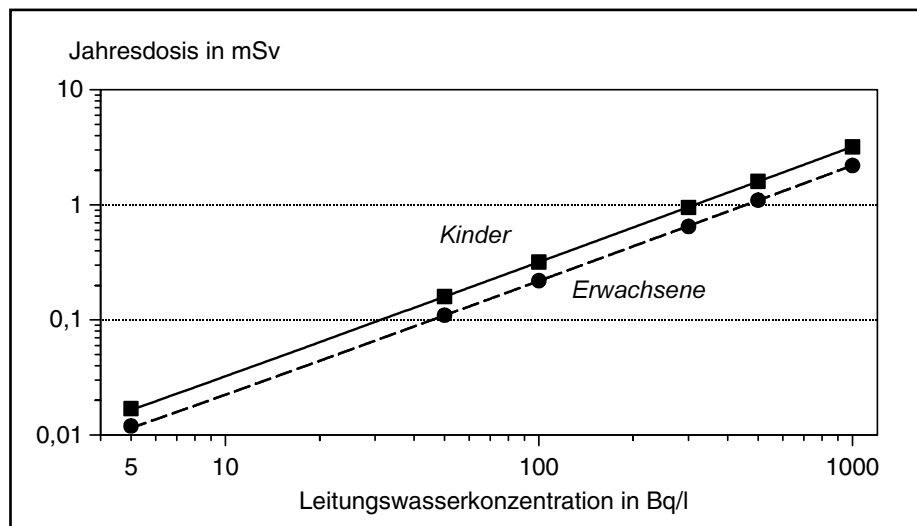


Abbildung ST-3
Maximalwerte der Strahlenexposition von Erwachsenen und Kindern durch Radon im Trinkwasser

werte der Gesamtdosis eine obere Grenze der Abschätzung dar.

Im Vergleich zur Dosis von 1 mSv für die mittlere Konzentration in der Raumluft von 50 Bq/m³ ist die für die mittlere Radonkonzentration im Trinkwasser von etwa 5 Bq/l resultierende Dosis von ca. 0,01 mSv für Erwachsene und 0,02 mSv für Kleinkinder außerordentlich klein. Erst bei sehr hohen Radonkonzentrationen im Trinkwasser von mehr als 300 Bq/l kommt man in einen Dosisbereich der Größenordnung von 1 mSv. Da man in solchen Gebieten andererseits häufig von einer Wohnraumluftkonzentration von 250 Bq/m³ und mehr

ausgehen kann, dürfte auch in diesen Fällen die Dosis als Folge des Radongehaltes des Trinkwassers erheblich unter derjenigen liegen, die aus dem Radongehalt der Wohnraumluft resultiert.

Schlußfolgerungen

Bezüglich des Radongehaltes des Trinkwassers ist festzustellen, daß der Radongehalt des Trinkwassers in der Bundesrepublik Deutschland kein bedeutendes Problem des Strahlenschutzes der Bevölkerung darstellt. Entsprechend den Strah-

lenschutz-Grundsätzen, jede zusätzliche Exposition so niedrig wie möglich zu halten, stellt die Strahlenschutzkommission in ihrer Stellungnahme von 1995 fest, daß dennoch geprüft werden sollte, ob und wie bei Wasserwerken mit hohen Radonkonzentrationen aus Gründen der Strahlenschutzvorsorge mit vertretbarem Aufwand eine Reduzierung des Radongehaltes erreicht werden kann [4]. Entsprechende Untersuchungen werden zur Zeit durchgeführt.

- [1] H. Rühle:
Radongehalt des Trinkwassers in der Bundesrepublik Deutschland und Abschätzung der Strahlenexposition. Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, BMU-1995-415, Bonn (1994)
- [2] H. Rühle:
Radongehalt des Trinkwassers und die daraus resultierende Strahlenbelastung. BfS-Jahresbericht 1995, S. 182–183
- [3] 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 Publication, New York (1993)
- [4] Stellungnahme der Strahlenschutzkommission: Bewertung der Strahlenexposition durch Radon im Trinkwasser. Bundesamt für Strahlenschutz, Geschäftsstelle der Strahlenschutzkommission, Bonn (Dez. 1995)

Flächendeckende Messungen der terrestrischen Gammastrahlung in Ost-Bayern

W. Will, J. Mielcarek, U.-K. Schkade

Nach Abschluß der flächendeckenden Grundpegelmessungen des BfS in den ostdeutschen Bundesländern im Jahre 1996 wurden die Ergebnisse mit denjenigen in den westdeutschen Bundesländern, die durch Messungen mehrerer Institutionen zwischen 1972 und 1974

gewonnen wurden, zu einer gesamtdeutschen Darstellung der Verteilung der terrestrischen Gammastrahlung vereinigt. Im nachhinein wurden im Jahr 1997 die Alt-daten durch Nachmessungen in acht westdeutschen Landkreisen verifiziert. Dabei wurden größere Unterschiede insbesondere in Ost-Bayern festgestellt: Die Kreismittelwerte alter und neuer Messungen wichen um bis zu 50 % voneinander ab. Gemäß der in den 70er Jahren erzielten Ergebnisse sind Bayerischer und Oberpfälzer Wald die Regionen Deutschlands mit der höchsten natürlichen externen Strahlungsexposition: In drei Kreisen wurden mittlere Ortsdosisleistungen (ODL) zwischen 130 und 150 nSv/h ermittelt (in dem höchstexponierten ostdeutschen Kreis Aue-Schwarzenberg im Erzgebirge beträgt sie vergleichsweise nur 88 nSv/h). Diese Regionen bestimmen demnach die Höhe der in Deutschland großflächig anzutreffenden externen Strahlungsexpositionen, die letztlich auch für die Bewertung künstlicher Expositionen der Bevölkerung von Bedeutung ist.

Die im Vorjahr begonnen Messungen wurden deshalb 1998 im Rahmen der personellen Möglichkeiten durch einige einwöchige Meßfahrten fortgesetzt und sollen im 1. Halbjahr 1999 abgeschlossen werden. Derzeit sind in 12 von 16 geplanten Kreisen die Messungen nahezu vollständig erfolgt. Bisher erfolgten ODL-Messungen an 600 Meßorten.

In einem Raster von etwa 5 km · 5 km wurde die ODL über natürlichen Untergründen gemessen. Die Messungen erfolgten stets parallel mit zwei gegen das BfS-Referenznormal kalibrierten Szintillationsmeßgeräten ADB 6150 (Fa. Automeß). Die Anzeigen wurden hinsichtlich Eigenanzeige und kosmischem Strahlungsanteil korrigiert. Die Meßpositionen wurden mit Hilfe eines Satelliten-Ortungsgerätes ermittelt.

Die Region ist neben der hohen natürlichen Strahlungsexposition durch eine stellenweise ebenfalls hohe Kontamination mit Cs-137 infolge des Chernobyl-Unfalls gekennzeichnet. Im Rahmen dieser Untersuchung war jedoch nur die langzeitstabile natürliche Exposition zu ermitteln, von der der Anteil durch Cs-137 auszuschließen war. Orientierungsgrund-

lage für dessen Bewertung waren Datei und Kartendarstellung der Bodenkontamination mit Cs-137 im Jahr 1986. Aus den seinerzeit in einem Raster von etwa 10 km · 10 km ermittelten Werten der Oberflächenkontamination wurde die ODL in 1 m über dem Boden abgeschätzt. Für die Tiefenverlagerung des Cs-137 kann eine exponentielle Verteilung mit einer Relaxationstiefe von 5 g/cm² als typisch angenommen werden (siehe unten). Durch radioaktiven Zerfall des Cs-137 hat sich die ODL seit 1986 um 24 % verringert. Im Regierungsbezirk Oberpfalz kann demgemäß über ungestörten Böden mit einer mittleren ODL durch Cs-137-Kontamination von etwa 8 nSv/h und lokal mit Werten bis zu 30 nSv/h gerechnet werden.

Im Jahre 1997 wurden die ODL-Messungen in den Kreisen Hof, Wunsiedel, Tirschenreuth und Passau begonnen. Dort war damit zu rechnen, daß der Cs-137-Anteil gegenüber dem natürlichen Anteil an der insgesamt gemessenen ODL zu vernachlässigen ist. Bei den Meßfahrten des Jahres 1998 wurden parallel zu den

ODL-Messungen Bodenproben genommen, deren Aktivitätsgehalt gammaspektrometrisch ermittelt wurde.

In den Kreisen Schwandorf und Regensburg wurde die ODL vorwiegend über ungestörten Grünflächen gemessen. An insgesamt 26 derartigen Meßorten wurde im Abstand von 10 km auch ein Bodenprofil bis 25 cm Tiefe mit 5 cm Schichtdicke entnommen. Fast sämtliche Profile ergaben eine eindeutige exponentielle Aktivitätsabnahme mit der Tiefe. Gemäß Spalte 3 von **Tabelle ST-6** lag die Relaxationstiefe b , in der die anfängliche Oberflächenaktivität auf $1/e$ abgefallen ist, überwiegend bei 5 g/cm². Mit Hilfe der Dosisfaktoren in ICRU-Report 53 (1994) wurden aus den gammaspektrometrisch ermittelten Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und der natürlichen Nuklide die ODL in 1 m Höhe über dem Boden berechnet. Wie aus **Tabelle ST-6** zu ersehen ist, trägt Cs-137 an den meisten Meßorten nur noch wenige nSv/h zu der gesamten externen Exposition bei. Allerdings wurden auch ODL-Werte um 10 nSv/h an eini-

Ortslage	Spez. Aktivität kBq/m ²	Relaxationstiefe g/cm ²	ODL _{Cs} nSv/h	ODL _{nat} nSv/h	ODL _{Probe} /ODL _{ADB}
Pfreimd	1,8	4	2,3	79	1,06
Schmidgaden	1,1	6	1,2	79	1,01
Schwarzach	0,5	2	0,8	96	0,96
Stadlern	9,9	6	10,8	70	1,07
Treffelstein	5,8	6	6,6	69	0,95
Gonnernsdorf	1,6	5	2,0	106	1,04
Löwendorf	1,5	10	1,3	72	0,95
Loibling	0,9	4	1,2	98	1,00
Alletsried	3,9	6	4,4	84	1,10
Strahlfeld	1,8	5	2,1	66	1,03
Krondorf	1,5	9	1,4	71	1,12
Münchshofen	1,2	10	1,0	97	1,18
Fischbach	27,2	5	34,3	151	1,03
Kronstetten	1,0	2	1,8	47	1,02
Schneckenreuth	8,1	3	11,7	161	1,04
Forstacker	4,5	5	5,4	72	1,03
Roßbach	9,5	5	11,3	128	0,98
Frauenzell	6,2	5	7,7	119	1,04
Litzelsdorf	8,3	5	9,7	103	1,05
Steinach	8,4	7	9,0	72	0,90
Mittelwert:		5			1,03
Standardabweichung:		2			0,06

Tabelle ST-6

Ortsdosisleistung durch natürliche und künstliche Radioaktivität über ungestörten Grünflächen in der Oberpfalz

gen Positionen sowie ein besonders signifikanter Wert von sogar über 30 nSv/h ermittelt. Die Orte mit den erhöhten Cs-137-Expositionen lagen in den Gebieten, in denen nach dem Chernobyl-Unfall stark erhöhte Oberflächenaktivitäten gemessen wurden.

Der ODL-Anteil durch Cs-137 ist in der Gesamtregion also nicht von vorn herein vernachlässigbar. Andererseits hängt er außer von der Ortslage stark von den lokalen Boden- und Witterungsbedingungen ab, so daß möglichst an jedem ODL-Meßort ein Aktivitätsprofil des Bodens ermittelt werden müßte. Da dieser Aufwand nicht zu vertreten ist, erfolgten die weiteren Messungen vorzugsweise über Ackerflächen. Dort ist das Cs-137 in der expositionswirksamen Bodenschicht weitgehend homogen verteilt, so daß der ODL-Anteil durch einfache Probenahme ohne Kenntnis des Tiefenprofils ermittelt werden kann. Andererseits ist dieser über Ackerflächen durch den mechanischen Tiefeneintrag des Cs-137 erheblich geringer als über ungestörten Grünflächen. Die Auswertung der Bodenproben von 50 Ackerflächen im Kreis Cham ergab eine ODL infolge Cs-137 von im Mittel 5 nSv/h. Sechs Werte lagen im Bereich 10 bis 15 nSv/h. Über 11 Wiesenflächen wurden ODL von im Mittel 10 nSv/h und von maximal 20 nSv/h ermittelt.

Generell überraschend gut war die Übereinstimmung der Ergebnisse für die gesamte ODL durch natürliche und künstliche Radioaktivität aus Direktmessung und Probenanalyse, wie sie auch aus der letzten Spalte von **Tabelle ST-6** zum Ausdruck kommt. Diese unabhängige Ermittlung der ODL aus der Radioaktivitätskonzentration des Bodens stützt die Zuverlässigkeit der direkten ODL-Messung.

Im Rahmen von Meßfahrten in Bayern und in Brandenburg und durch Messungen auf dem BfS-Gelände in Berlin wurde außerdem ein von der Fa. Eberline (Erlangen) neu entwickeltes mobiles Radioaktivitätsmeßsystem FHT 1376 getestet. Dieses enthält einen hochempfindlichen 5 Liter großen Plastik-Szintillationsdetektor als sogenannte Trennsonde. Dieser Detektor soll durch ein semispektrometrisches Auswertungsverfahren mit Hilfe des integrier-

ten Mikroprozessors eine Trennung zwischen natürlicher und künstlicher ODL durchführen können. Die Korrelation zu den Ergebnissen der Probenanalyse war zwar qualitativ gegeben, jedoch quantitativ unbefriedigend. Dies zeigte, daß der Einsatz dieses primär für die Ortung vagabundierender Gammastrahlungsquellen entwickelte Meßsystem zumindest sehr definierte Kalibrierungsbedingungen und den Einsatz in Gebieten einigermaßen homogener natürlicher Spektralverteilungen voraussetzt.

Die auffällig hohen natürlichen ODL-Niveaus in der untersuchten Region aus den Messungen der 70er Jahre konnten nicht bestätigt werden. Für die sieben Kreise, in denen ODL von mehr als 100 nSv/h im Mittel angegeben wurden, liegen die nunmehr ermittelten Mittelwerte ca. 50 % niedriger. Sie erreichen Werte bis etwa 90 nSv/h und liegen damit etwa in dem Niveau, das beispielsweise auch im sächsischen Erzgebirge vorkommt.

Vergleich der Radonkonzentration in Gebäuden mit dem geogenen Radonpotential

R. Lehmann, J. Kemski, A. Siehl*, R. Stegemann*, M. Valdivia-Manchego***

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Forschungsvorhabens wurden 1998 vom Geologischen Institut der Universität Bonn die Untersuchungen zum geogenen Radonpotential in der Bundesrepublik Deutschland fortgesetzt. Die Beschreibung des Radonpotentials basiert auf der bekannten Klassifikationsmatrix, in welche die Radonkonzentration in der Bodenluft (Radon-Aktivitätskonzentration des luftgefüllten Poren- und Klufttraumes in Böden und Gesteinen) und die Gaspermeabilität des Bodens eingehen [1]. Der Vergleich der Ergebnisse von geologischen Untersuchungen im norddeutschen Tiefland und im Fichtelgebirge mit vom Bundesamt für Strahlenschutz durchgeführten Messungen der Radonkonzentration in Wohnhäusern ist eine wesentliche Grundlage für ein allgemeines

Konzept zur Bewertung von Gebieten hinsichtlich ihrer Radonkonzentration in Häusern.

Norddeutsches Tiefland

Das den Mittelgebirgen vorgelagerte Norddeutsche Tiefland (Niedersachsen, Schleswig-Holstein, nördliches Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern) ist durch nur geringe Reliefunterschiede gekennzeichnet. Die regionale Verbreitung, unterschiedliche Ausbildung und zeitliche Gliederung der quartären Glazialablagerungen in Norddeutschland werden maßgeblich durch die wiederholten Vorstöße des Inlandeises aus Skandinavien und den baltischen Regionen bestimmt, die Moränenmaterial aus verschiedenen Herkunftsgebieten Nordeuropas mitgebracht und in Norddeutschland abgelagert haben.

Die ältesten Eisvorstöße (Elster, Saale) zeichnen sich vorwiegend durch relativ radionuklidarmes Material aus Südskandinavien und dem Baltikum aus. In diesen Gebieten wurden repräsentative Feldmessungen der Radon-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft und der in situ Gaspermeabilität des Bodens durchgeführt. Die Messungen erfolgten hierbei aufgrund des großflächig als homogen anzusehenden geologischen Untergrundes mit einer geringen Dichte. Der mittlere Meßpunktabstand betrug ca. 25 km. Da sich die regionale Variation der Gaspermeabilität des Bodens als gering erwies und die höchste Permeabilität die am häufigsten vertretene Klasse war, wurde unter dieser Annahme allein die Radon-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft als der bestimmende Parameter für das geogene Radonpotential angesehen. Auf Grund der geringen Radiumkonzentration in den quartären Ablagerungen dieser Gebiete schwanken die Radon-Aktivitätskonzentrationen in der Bodenluft zwischen wenigen kBq/m³ und maximal ca. 60 kBq/m³, der Medianwert liegt bei 8 kBq/m³ (**siehe Abbildung ST-4**).

Dagegen wurde durch die jüngste Vereisung (Weichsel) Material abgelagert, das reich an Granit- und Porphyrgeröllen aus West- und Südschandinavien sowie dem Ostseebecken ist. In diesem Verbreitungsgebiet, insbesondere im östlichen Schles-

wig-Holstein, kommen daher deutlich höhere Radonkonzentrationen in der Bodenluft, bis mehr als 100 kBq/m³, vor. Im Jahre 1999 werden weiterführende geologische Untersuchungen, verbunden mit gezielten Radonmessungen in der Bodenluft und in Gebäuden durchgeführt, um die räumliche Ausdehnung dieser norddeutschen Gebiete und die Kenntnisse über die dort vorkommenden Radonkonzentrationen in Gebäuden zu präzisieren.

Zur Einschätzung, ob und in welcher Häufigkeit im norddeutschen Tiefland erhöhte Radonkonzentrationen in Wohnungen vorkommen, wurden Messungen der Radonkonzentration aus den Jahren 1978 bis 1984 und nach 1991 ausgewertet. Zur Messung wurden Diffusionskammern mit Makrofol DE 1-4 der Dicke 300 µm eingesetzt, die über Zeiträume von drei Monaten bis zu einem Jahr bei üblicher Nutzung der Räume exponiert wurden (s. **Tabelle ST-7**).

In den betrachteten Regionen des norddeutschen Tieflandes wird der Wert von 250 Bq/m³ [2] nur sehr selten und der Wert von 400 Bq/m³ [3] mit vernachlässigbarer Häufigkeit in Häusern überschritten, die vor 1990 errichtet wurden.

Fichtelgebirge

Das Fichtelgebirge liegt im ostbayerischen Grundgebirge. Im Südwesten wird es durch die Fränkische Linie (Fichtelgebirgsabbruch) gegen das Vorland abgegrenzt, nördlich schließen sich die Münchberger Gneismasse, südlich der Oberpfälzer Wald an. Der präkambrische Sockel mit schwach metamorphen tonig-sandigen Sedimentabfolgen, Grauwacken, Karbonatgesteinen (Marmor), Kalksilikatfelsen, Quarziten und Graphitschiefern wird von kambro-ordovizischen Phylliten, Quarziten und Tonschiefern überlagert. Nach der Aufwölbung des Fichtelgebirgs-Antiklinoriums kam es zu einer mehrphasigen Platznahme jungvariszischer Granite (ca. 330–280 Ma), die weitgehend das heutige Landschaftsbild prägen.

Die Messungen der Radonkonzentration in der Bodenluft konzentrierten sich auf die Granitareale und die sich nördlich anschließenden, metamorph überprägten alt-

paläozoischen Rahmengesteine. Bei den Graniten betragen die Medianwerte durchgängig mehr als 100 kBq/m³. Dabei nehmen die Radonkonzentrationen in der Bodenluft vom älteren (G 1) zum jüngeren Granit (G 4) zu; dies ist die Folge einer Anreicherung von Uran in der Gesteinschmelze während der Magmendifferentiation. Dementsprechend treten über dem jüngsten Granit mit einem Medianwert von nahezu 1 MBq/m³ die höchsten Radonkonzentrationen in der Bodenluft auf. Die durchgängig hohe Gaspermeabilität der Böden bedingt Einstufungen in die beiden höchsten Radonpotentialklassen. Die kambrischen und ordovizischen Rahmengesteine weisen deutlich geringere Radonkonzentrationen in der Bodenluft auf, was eine niedrigere Radonpotentialklasse zur Folge hat.

Zur Beurteilung der Situation in Gebäuden wurden Langzeitmessungen der Radonkonzentration in Wohnungen aus den Jahren 1997 und 1998 ausgewählt (siehe **Tabelle ST-8**).

In Häusern des Fichtelgebirges wurde in ca. 25 % der Wohnungen Überschreitungen des Wertes von 250 Bq/m³ festgestellt

und es ist damit zu rechnen, daß in mehr als 1 % der Wohnungen Radonkonzentrationen über 1.000 Bq/m³ gemessen werden. Derartige extreme Situationen sind in weniger als 1 % der Fläche Deutschlands zu erwarten.

Beim Vergleich der Maximalwerte der Radonkonzentration in der Bodenluft mit den Radonkonzentrationen in Gebäuden können aus den Untersuchungen im Fichtelgebirge folgende Verhältnisse abgeleitet werden.

Die Bauweise der Häuser ist auf Grund der technischen und technologischen Entwicklung in Verbindung mit dem Streben nach komfortablem, energiesparendem und gesundem Wohnen ständigen Veränderungen unterworfen. Somit ist davon auszugehen, daß eine Auswertung der gemessenen Radonkonzentrationen in Häusern nach deren Baujahr im wesentlichen den Einfluß der Bauweise widerspiegelt.

Trotz der im Fichtelgebirge im Durchschnitt hohen Radonkonzentration in der Bodenluft wurden in Erdgeschossen von

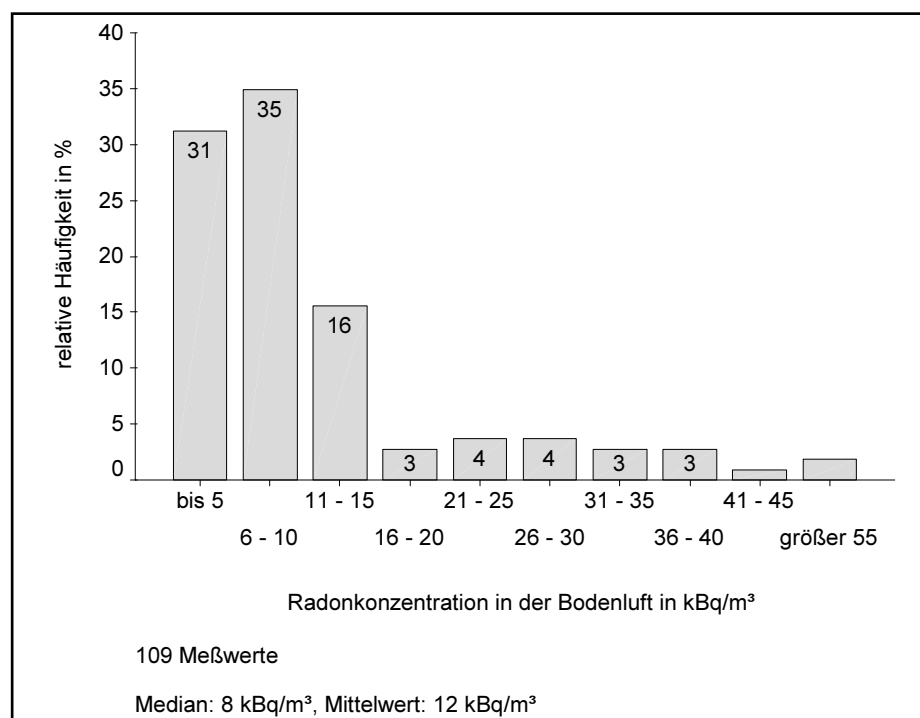


Abbildung ST-4

Radonkonzentration in der Bodenluft von Untersuchungsgebieten in Norddeutschland

Gebäuden, die nach 1975 errichtet wurden, nicht mehr als 500 Bq/m³ gemessen. Selbst in Kellern wurden, von Ausnahmen abgesehen, nicht über 500 Bq/m³ festgestellt. Der Median beträgt 60 Bq/m³. Vergleichsweise liegt der Medianwert in Wohnräumen von Häusern, die vor 1900 errichtet wurden, bei 270 Bq/m³. Es ist hervorzuheben, daß in allen untersuchten Gebäuden keine besonderen Maßnahmen zum Schutz gegen den Eintritt von Radon aus dem Boden vorgenommen wurden.

Schlußfolgerungen

Werden die ungünstigsten Werte der in **Tabelle ST-9** genannten Verhältnisse der Radonkonzentration in Gebäuden zu der in der Bodenluft (dies betrifft meist Gebäude älteren Baujahres) betrachtet, läßt sich unter Berücksichtigung der im norddeutschen Tiefland erhaltenen Ergebnisse schlußfolgern, daß

- Radonkonzentrationen > 250 Bq/m³ in Kellern bei einer Radonkonzentration in der Bodenluft > 10 kBq/m³ und in Erdgeschossen bei einer Radonkonzentration in der Bodenluft > 25 kBq/m³ vorkommen können,
- möglicherweise Radonkonzentrationen > 1000 Bq/m³ in Kellern bei einer Radonkonzentration in der Bodenluft > 40 kBq/m³ und in Erdgeschossen bei einer Radonkonzentration in der Bodenluft > 100 kBq/m³ auftreten.

In den Jahren 1999 und 2000 werden zur Konsolidierung und Präzisierung der vorliegenden Ergebnisse weitere Untersuchungen durchgeführt. Diese haben vor allem das Ziel, den Transfer des Radons in die Häuser zu untersuchen und insbesondere die Effektivität allgemein bestehender Maßnahmen zum Bautenschutz (z. B. gegen Bodenfeuchte) gegenüber Bodenradon zu validieren.

- [1] KEMSKI, J., KLINGEL, R., SIEHL, A.: Das geogene Radon-Potential. In: Siehl, A. Umweltradioaktivität.- 179–222, Reihe Geologie und Ökologie im Kontext, Ernst & Sohn
- [2] Strahlenschutzkommission: Strahlenschutzgrundsätze zur Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch Radon und seine Zerfallsprodukte. Bundesanzeiger

	Keller	Wohnetagen ⁿ
Anzahl Meßwerte	969	6067
Radonkonzentration in Bq/m ³		
Mittelwert	62	39
Medianwert	43	31
Maximum	680	570
	relativer Anteil in %	
	pro Bereich	kumulativ
0 - 50	59,6	59,6
51 - 100	27,0	86,7
101 - 250	10,9	97,6
251 - 500	2,0	99,6
501 - 1000	0,4	100,0
> 1000	--	--

³ Unter „Wohnetagen“ wurden alle Meßwerte oberhalb des Kellergeschosses zusammengefaßt. Die Anzahl der Meßwerte in den unterschiedlichen Etagen entspricht nicht der tatsächlichen regionalen Verteilung der Wohnungen auf den Etagen. Dominierend sind hier Meßwerte aus Erdgeschossen, wobei keine Unterscheidung zwischen unterkellerten und nicht unterkellerten Räumen erfolgte.

Tabelle ST-7

Ergebnisse von Langzeitmessungen der Radonkonzentration in Wohnhäusern norddeutscher Gebiete mit niedrigem Radonpotential

	Keller	Wohnetagen*
Anzahl Meßwerte	145	265
Radonkonzentration in Bq/m ³		
Mittelwert	498	200
Medianwert	198	107
Maximum	5400	2300
	relativer Anteil in %	
	pro Bereich	kumulativ
0 - 100	35,2	35,2
101 - 250	22,8	57,9
251 - 500	18,6	76,6
501 - 1000	11,0	87,6
1001 - 2500	7,6	95,2
2501 - 5000	3,4	98,6
> 5000	1,4	100,0

Tabelle ST-8

Ergebnisse von Langzeitmessungen der Radonkonzentration in Wohnhäusern des Fichtelgebirges

	Verhältnis der Radonkonzentration in Gebäuden zur Radonkonzentration in der Bodenluft		
	Mittelwert	Bereich	
Keller	ca. 1 : 250	ca. 1 : 40	1:1800
Erdgeschosse	ca. 1 : 500	ca. 1 : 100	1 : 950

Tabelle ST-9

Verhältnis der Radonkonzentration in Gebäuden zur Radonkonzentration in der Bodenluft

Nr. 208 S. 4759/60 vom 05. November 1988

- [3] Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Empfehlung der Kommission zum Schutz der Bevölkerung

vor Radonexposition innerhalb von Gebäuden. 90/143/Euratom. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 80/26 vom 27. 03. 90.

Concerted Action **„Retrospectively Estimated** **Radon in Areas affected by** **Uranium Mining Activities“**

P. Hamel

Erste Untersuchungen zur retrospektiven Einschätzung der Radonexposition in Wohngebäuden unter Einsatz von speziellen Methoden erfolgten bereits durch eine 1994 gebildete internationale Arbeitsgruppe. Im Anschluß an deren Tätigkeit wurde im Rahmen des von an der Europäischen Kommission, Generaldirektion XII-Wissenschaft, Forschung und Entwicklung-geführten Programmes D: „Auswirkungen der Strahlenexposition auf Mensch und Umwelt“ als Bestandteil des Rahmenprogrammes „Sicherheit bei der Kernspaltung“ die Concerted Action „Retrospectively Estimated Radon in Areas affected by Uranium Mining Activities“ (CA) vereinbart und nach Bestätigung durch die EC im Januar 1997 gestartet.

Ziele dieser Concerted Action sind die Erprobung der von den beteiligten Partnern innerhalb des ebenfalls von der EU geförderten Forschungsvorhabens R.A.R.E. ausgearbeiteten Methoden zur retrospektiven Bestimmung der Mittelwerte von Radonkonzentrationen bzw. Radonexpositionen über zurückliegende Zeiträume in Wohngebäuden und die Ermittlung und Bewertung von Einflußfaktoren auf die Ergebnisse derartiger Messungen einschl. möglicher Fehlerquellen und von Wegen zu deren Vermeidung.

Der Einsatz der retrospektiven Verfahren soll der Ermittlung der Radonexposition in Gebäuden über weit zurückreichende Zeiträume dienen. Hauptziel ist die Bereitstellung von Personenexpositionsdaten für die Durchführung epidemiologischer Studien zur Bewertung des Risikos als Folge einer Exposition durch Radon bzw. Radonzerfallsprodukte. Ebenfalls von erheblicher Bedeutung sind derartige Kenntnisse über zurückliegende Strahlenexpositionen für die Ursachenermittlung von Krankheitsfällen im Zusammenhang mit der Feststellung und Anerkennung von Berufskrankheiten bei beruflich durch

Radon und Radonzerfallsprodukte strahlenexponierten Personen.

Das Problem besteht darin, daß die für die Bewertung erforderliche Kenntnis der Gesamtexposition betroffener Personen im allgemeinen nicht von aktuell ermittelten in-door-Radonkonzentrationen abgeleitet werden kann. Weder aus dem Jahresmittelwert noch aus dem zeitaufgelösten Verlauf der Radonkonzentration als „Tagesgang“ oder sonstiger Meßzyklen kann auf die Situation in zurückliegenden Jahren geschlossen werden. Folgende Ursachen für die möglichen ausgeprägten Veränderungen der Werte sind hierfür wesentlich:

- Reduzierung der Luftwechselrate der Gebäude oder Räume als Folge einer angestrebten Reduzierung des Heizenergiebedarfs, hier insbesondere der Einbau dichter Fenster,
- Alters- und baugrundbedingte Veränderung in der Gebäudesubstanz, z. B. Ausbildung von Schäden in der Grenzflächen zwischen Gebäude und Untergrund mit Rißbildungen und damit erheblichen Auswirkungen auf den Radoneintritt in die Gebäude,
- Rekonstruktion oder Ausbau von Gebäuden, insbesondere der nachträgliche Einbau von dichten Kellerfußböden,
- Umstellung der Gebäudeheizungssysteme von Einzelfeuerstätten auf Zentralheizungen mit ausgeprägten Änderungen bzgl. der Raumluftwechselzahlen und der betroffenen Räume,
- Langzeitige Veränderungen in den durch Bergbau gestörten geologischen Formationen der bebauten Gebiete. Charakteristisch hierfür besonders die Bergbauregionen Schneeberg/Aue mit umfangreichen bis in das Mittelalter zurückreichenden Bergbauaktivitäten,
- Veränderungen im Verlauf der Grubenbaue und insbesondere der Bewetterungsverhältnisse Untertage,
- Veränderungen in den allgemeinen Lebensumständen und Verhaltensweisen wie z. B. veränderte Lüftungsgewohnheiten, reduzierte Lüftung als Folge erheblich verstärkten Verkehrsaufkommens im Umkreis der Gebäude

oder aus Energiespargründen bzw. verstärkte Lüftung infolge eines gestiegenen „gesundheitsbewußten Frischluftbedarfs“,

- Mit der Umstellung der Heizsysteme oder auch bedingt durch wachsende Komfortansprüche angestiegene mittlere Raumlufttemperatur in den Gebäuden und damit vergrößerte Temperaturdifferenzen zwischen Gebäude und Außenatmosphäre und als Folge daraus erhöhte Druckdifferenzen zwischen Untergrund und Gebäudeinnerem als der wichtigsten Einflußgröße auf den Radontransport aus dem Boden in das Gebäude.

Da diese Faktoren sehr unterschiedliche und auch in ihrer Wirkung gegenläufige Werte annehmen können, ist die Anwendung von Korrekturfaktoren für charakteristische Situationen als Problemlösung ungeeignet.

Die im genannten R.A.R.E. Projekt erarbeiteten Methoden bieten hier einen aussichtsreichen Ausweg. Die Verfahren nutzen die auf Glasoberflächen oder in porösen oder schwammigen Materialien (sog. volume-traps) erfolgende konzentrationsabhängige Ablagerung oder „Einbettung“ der langlebigen Zerfallsprodukte Pb-210/Po-210 des Radons. Als Meßverfahren wird im Falle der Implantierung des Po-210 die Bestimmung der α -Aktivität durch direkte Messung der α -Strahlung des Po-210 mittels Kernspurdetektoren auf Glasoberflächen vor-Ort oder die Messung der Oberflächenaktivität von entnommenen Glasmaterialien mit unterschiedlichen Verfahren im Labor genutzt. Die Messung der in volume-traps eingelagerten Aktivität erfolgt nach radiochemischer Aufarbeitung ebenfalls im Labor. Vergleichsmessungen mittels Gitter-Ionisationskammern in beteiligten Laboratorien dienen zur Qualitätssicherung der einzelnen Messungen.

Parallel zu diesen Messungen ist die Erfassung weiterer Meßgrößen und Parameter erforderlich, die zur Berechnung der retrospektiven Expositionswerte mittels der ausgearbeiteten Algorithmen auf der Grundlage einer modifizierten Version des von Jacobi entwickelten Raummodells benötigt werden. Dies betrifft im einzelnen:

- Einschätzung der örtlichen Situation bzgl. Aerosolkonzentration (z. B. Rauchgewohnheiten, Heizungsart und Möblierung) als wesentlicher Parameter für das Anlagerungsverhalten und den plateau Effekt für die kurzlebigen Radonzerfallsprodukte,
- Beurteilung des Oberflächen-Volumen-Verhältnisses der Räume unter Berücksichtigung der früheren und aktuellen Möblierung und der Ausstattung mit Wohnraumtextilien,
- zuverlässige Erfassung des Alters und des Lagerungsortes von entnommenen Glasproben oder volume-traps und von vor Ort gemessenen Glasflächen,
- Erfassung von persönlichen Daten der Bewohner wie Alter, Wohndauer im Gebäude, Beruf u. weiterer bedeutsamer Fakten unter Beachtung der gebotenen Datenschutzerfordernisse sowie der baulichen Gebäudegegebenheiten einschließlich Standort und bekannten bergbaulichen Beeinflussungen in speziell dafür ausgearbeiteten Fragebögen,
- fotografische Dokumentation von örtlichen Gegebenheiten am Meßort im Gebäude als Hilfsmittel für die Einschätzung der lokalen Meßsituation bei der Durchführung der Modellrechnungen.

Im Rahmen der CA „Retrospectively Estimated Radon in Areas affected by Uranium Mining Activities“ wurden als Pilotuntersuchungen 1997 Messungen in 5 Gebäuden durchgeführt. Nach Auswertung der Erfahrungen wurde das Meßprogramm auf insgesamt 27 Gebäude bzw. Wohnungen unter Beteiligung von im Territorium tätigen epidemiologischen Arbeitsgruppen bei der Auswahl der Gebäude ausgedehnt. Es bestand wiederum aus vor-Ort-Messungen, Messungen an Glasproben und volume-traps sowie Messungen der Luftwechselzahlen in ausgewählten Gebäuden, Messungen der Depositionsgeschwindigkeit von unangelagerten Radonzerfallsprodukten und integrierenden Messungen zur Bestimmung der aktuellen Radonkonzentration. 19 Personen mit langjährigem Aufenthalt in Gebäuden mit unterschiedlicher in-door-Radonkonzentration beteiligten sich an den im HBC des BfS in Berlin durchgeführ-

ten In-vivo-Messungen zur Bestimmung des Gehaltes von Pb-210 im Schädelknochen. Die Meßergebnisse ergaben bei 5 Personen signifikant erhöhte Werte [1].

Die Auswertung und Diskussion der gewonnenen Meßresultate, einbezogen wurden auch Meßergebnisse von weiteren auf dem Gebiet tätigen Fachkollegen aus Institutionen in Norwegen, Schweden und Italien, erfolgte auf einem Workshop im Oktober 1998.

Dabei ermittelte Unterschiede in einigen Meßresultaten wurden zum Anlaß genommen, einen weiteren Ringvergleich an exponiertem Glasmaterial zu vereinbaren. Der Vergleich dient der Überprüfung der Kalibrierfaktoren für die angewendeten Kernspurdetektoren und von Labormesseinrichtungen sowie der Ermittlung von Inhomogenitäten bei der Ablagerung von Po-210 über die Glasoberflächen.

Im April 1999 soll auf dem von der Techn. Universität in Athen gemeinsam mit der vom Britischen Building Research Establishment (BRE) koordinierten Concerted Action „European Research into Radon in Construction“, (ERRICCA) und der Concerted Action „Retrospectively Estimated Radon in Areas affected by Uranium Mining Activities“ veranstalteten Workshop „Radon in the Living Environment“ über die jeweils erzielten Ergebnisse umfassend berichtet werden. Die Arbeiten werden 1999 mit einem abschließenden Report beendet.

- [1] Pb-210-In-Vivo-Messungen an Personen aus Gebieten mit erhöhtem Radonvorkommen, BfS-Jahresbericht 1998.

Pb-210-In-Vivo-Messungen an Personen aus Gebieten mit erhöhtem Radonvorkommen

K. Dettmann, R. Scheler, J. Brose

Die Bestimmung von Pb-210 als Zerfallsprodukt des Radons bietet auf Grund seiner langen Verweildauer im menschlichen Skelett prinzipiell die Möglichkeit zur retrospektiven Ermittlung der Exposition durch kurzlebige Radonzerfallsprodukte. Seit 1995 werden im Fachgebiet Probanden-

messungen an speziellen Personengruppen durchgeführt. Nach dem Aufbau der Meßmethode [1], bei der Low-Energy-Germaniumdetektoren eingesetzt werden, wurden Erkennungs- bzw. Nachweisgrenzen für das Meßverfahren an Personen aus Regionen mit normalem Radonvorkommen bestimmt. Das Meßverfahren ermöglicht derzeit bei einer Meßzeit von zwei Stunden die Erkennbarkeit von Pb-210 ab 17 Bq im Skelett (DIN 25482, Teil 2, $\alpha = \beta = 5\%$). Bedingt durch den bereits vorhandenen natürlichen Pb-210-Gehalt liegt die Erkennungsgrenze für Pb-210 durch Exposition bei 24 Bq. Die Messungen in der Folgezeit waren auf die methodische Verifikation gerichtet und mit folgenden Zielstellungen verbunden:

- Prüfung der Gültigkeit der Erkennungs- und Nachweisgrenze für Messungen an Probanden aus Gebieten mit erhöhtem Radonvorkommen,
- Prüfung der Gültigkeit des Interpretationsverfahrens,
- Ermittlung des Einsatzbereiches des Verfahrens.

Erwartungswerte der Skelettaktivität

Basierend auf Modellannahmen zur Zufuhr und zum Retentionsverhalten, die sich auf den aus Untersuchungen an Uranbergleuten mit bekannter Exposition gewonnenen Zusammenhang zwischen Exposition und Pb-210-Skelettaktivität stützen, wurden Erwartungswerte der Skelettaktivität für langjährigen Daueraufenthalt bei erhöhten Radonkonzentrationen in Wohnhäusern ermittelt [2]. Aus diesen Erwartungswerten lassen sich gleichzeitig auch Konversionskoeffizienten zur Umrechnung von gemessenen Skelettaktivitäten in Expositionseinheiten ableiten. Dabei wird die Gültigkeit des an Uranbergleuten gewonnenen Zusammenhangs für die Bevölkerung angenommen. Ein meßbares Pb-210-Skelettdepot wird unter diesen Modellannahmen erst nach langjährigem Aufenthalt bei hohen Radonkonzentrationen erwartet (**Abbildung ST-5**); so führt z. B. ein 20-jähriger Aufenthalt in einer Radonatmosphäre von 2000 Bq m^{-3} zu einer Pb-210-Skelettaktivität in Höhe der Erkennungsgrenze von 24 Bq.

Ergebnisse von Probandenmessungen

In **Abbildung ST-6** sind die Ergebnisse aller bisher durchgeführten Probandenmessungen in Abhängigkeit von der Radonexposition dargestellt. Die Radonexposition wurde nach individuellen Angaben zu den durchschnittlichen täglichen Aufenthaltszeiten, der Expositions-dauer und Ergebnissen von Langzeitmessungen der Radonkonzentration in den jeweiligen Wohnhäusern ermittelt. Die Expositions-dauer der Probanden lag zwischen 21 und 77 Jahren. Die Probanden stammten aus Wohnhäusern mit normalen (50 Bqm^{-3}), wenig erhöhten (200 bis 500 Bqm^{-3}) bzw. hohen Radonkonzentrationen ($> 1000 \text{ Bqm}^{-3}$).

Zum Vergleich zeigt Säule 1 der **Abbildung ST-6** den mittleren Pb-210-Skelettgehalt von Probanden aus Gebieten mit normalem Radonvorkommen. Der Mittelwert dieser Probandengruppe liegt mit $18 \pm 4 \text{ Bq}$ geringfügig über dem von [3] angegebenen Wert (15 Bq) für die nördliche Hemisphäre; diese Erhöhung ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß in die Mittelung nur Meßwerte oberhalb der Erkennungsgrenze einbezogen worden sind. Zur Ermittlung der expositionsbedingten Pb-210-Anteile in der **Abbildung ST-6** wurde der Mittelwert von 15 Bq benutzt.

Der mittlere Pb-210-Skelettgehalt von Probanden aus Wohnhäusern mit wenig erhöhten Radonkonzentrationen von $19 \pm 4 \text{ Bq}$ (Säule 2) weicht nur wenig vom erstgenannten Mittelwert ab.

Alle übrigen Säulen stellen Einzelmessergebnisse von Probanden dar, die langjährig in Wohnhäusern mit mittleren Radonkonzentrationen von mehr als 1000 Bqm^{-3} leben. Für diese Gruppe wurden Pb-210-Skelettgehalte deutlich über dem Normalgehalt ermittelt.

Bewertung der Ergebnisse

Bei den Probandenmessungen wurden keine regionalen Unterschiede des natürlichen Pb-210-Anteils im Skelett festgestellt, da nachweislich die Varianzen der Comptonstreuanteile im Körper und in der Umgebung vorhandener natürlicher und künstlicher Radionuklide im Vergleich mit den

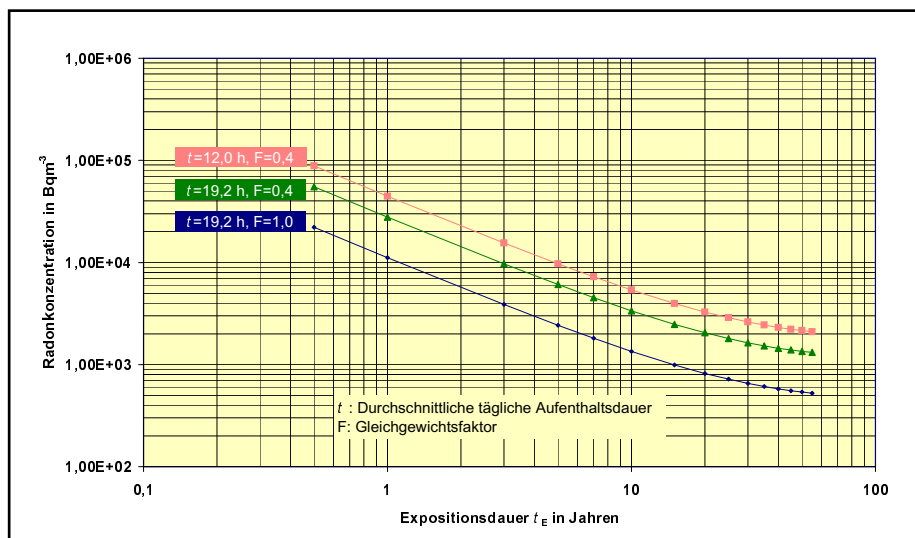


Abbildung ST-5

Zusammenhang zwischen Radonkonzentration und Expositions-dauer bei Bildung eines Pb-210-Skelettdepots in Höhe der expositionsbedingten Erkennungsgrenze (24 Bq)

nicht expositionsbedingten Anteilen die dominierende Rolle spielen. Die an Probanden aus Regionen mit nicht erhöhtem Radonvorkommen ermittelte expositionsbedingte Erkennungsgrenze kann unter diesen Bedingungen auch für Messungen an Probanden aus Regionen mit erhöhtem Radonvorkommen angewendet werden. Das wurde hauptsächlich durch Messungen an Probanden mit langjährigen Aufenthalten im Radonkonzentrationsbereich von 200 bis 500 Bqm^{-3} , die nur eine sehr geringfügige Erhöhung des mittleren normalen Pb-210-Skelettgehaltes ergaben, bestätigt.

Die gemessenen Pb-210-Skelettaktivitäten im Bereich hoher Radonkonzentrationen bzw. hoher Expositionen stehen nicht im Widerspruch zu den unter Modellannahmen berechneten Erwartungswerten (**Abbildung ST-5**). Eine gute Übereinstimmung besteht zwischen der ermittelten Pb-210-Skelettaktivität und der Exposition durch kurzlebige Radonzerfallsprodukte unter Berücksichtigung eines mittleren Pb-210-Gehaltes. Die grobe Anwendung abgeleiteter Konversionskoeffizienten zur Umbewertung des gemessenen Skelettgehaltes in Einheiten der Exposition ist damit auch für die Bevölkerung gerechtfertigt; quantitative Schlußfolgerungen können jedoch auf Grund der wenigen

Messungen im Bereich hoher Expositionen noch nicht gezogen werden.

Anwendbarkeit des Meßverfahrens

Das Meßverfahren ist prinzipiell zur Ermittlung der Exposition durch kurzlebige Radonzerfallsprodukte geeignet. Unter Zugrundelegung genannter Modellrechnungen läßt sich die Erkennungsgrenze von 24 Bq Pb-210 im Skelett einer Exposition von $4,6 \text{E}+08 \text{ Bqhm}^{-3}$ (Expositions-dauer: 50 Jahre, mittlere tägliche Aufenthaltsdauer: 19,2 h, Gleichgewichtsfaktor: 0,4) zuordnen. Diese untere Grenze des Einsatzbereiches des Meßverfahrens konnte durch Probandenmessungen bestätigt werden.

Das Verfahren ist einsetzbar zur Verifikation von Expositionsannahmen im Bereich hoher Radonkonzentrationen (epidemiologische Fragestellungen, Fallanalysen). Die untere Grenze des Einsatzbereiches wird bestimmt durch die Einflüsse von Streuung und Zählstatistik der natürlichen Pb-210-Skelettaktivität sowie die Störstrahlung höherenergetischer Gammastrahler (K-40, Cs-137) im menschlichen Körper. Die theoretische Grenze des Meßverfahrens ist durch die Streuung des individuellen, natürlichen Pb-210-Skelettgehaltes infolge direkter Zufuhr festgelegt;

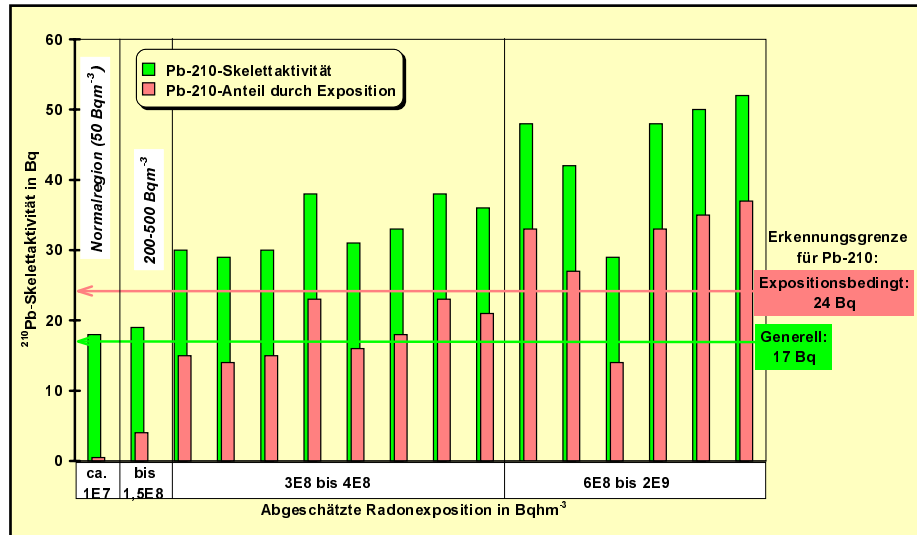


Abbildung ST-6
Ergebnisse von Pb-210-In-vivo-Messungen

die Bestimmung dieses Pb-210-Anteils ist aber generell nicht möglich. Es wird abgeschätzt, daß mit sehr hohem technischem Aufwand in der Praxis eine Erkennungsgrenze von etwa 12 Bq erreicht werden könnte. Das bedeutet, daß eine weitreichende Verbesserung des Meßverfahrens zum Bereich niedriger Expositionen selbst bei sehr umfangreichen Optimierungsarbeiten nicht erreicht werden kann.

- [1] Dettmann, K.; Scheler, R.; Brose, J. Ein Detektorsystem zur In-vivo-Bestimmung der Pb-210-Skelettaktivität BfS-Jahresbericht 1994, S. 175–177
- [2] Scheler, R.; Dettmann, K. Pb-210-In-vivo-Messungen im menschlichen Skelett Tagungsband der 30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Band I, 1998, S. 328–333
- [3] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Sources and effects of ionizing radiation, UNSCEAR Report 1988, p. 60

Bestimmung natürlicher Radionuklide auf Halden durch In-situ-Gammaspektrometrie

I. Krol, Ch. Hohmann

Ziel der Untersuchungen war die Anwendung der In-situ-Spektrometrie zur Bestimmung der spezifischen Aktivität natürlicher Radionuklide auf Halden, ergänzt durch Gamma-Ortsdosisleistungsmessungen (γ -ODL) und gammaspektrometrische Analysen von Probenmaterial im Labor. Zusätzlich sollten die Messungen klären, ob vorhandene Haldenflächen für die Kalibrierung von Aerogammaspektrometern zur Bestimmung natürlicher Radionuklide aus der Luft genutzt werden können. Infolge des großen Sichtbereiches der Detektoren in 100 m Höhe eignen sich besonders ausgedehnte Flächen mit hoher spezifischer Aktivität, die homogen auf der Fläche und in der Tiefe verteilt ist. Obwohl die ausgewählte Halde jetzt vom Sanierungsbetrieb Wismut GmbH abgetragen wird, konnten zwei gegenwärtig nicht betroffene Flächen ausgewählt werden.

Meßgebiet

Die Halde mit einer Ausdehnung von 800 m · 250 m befindet sich im Nordwesten des Ortes Crossen bei Zwickau (Sachsen) und wird im Osten durch die Mulde bzw. den Mühlgraben begrenzt. Es wurden zwei Meßflächen ausgewählt, die durch ihre Größe und Beschaffenheit auch für Messungen aus dem Hubschrauber geeignet sind. Die erste Fläche befindet sich im Norden des Haldengeländes und wird im weiteren mit „Nordhalde“ bezeichnet. Hier wurden in den letzten Jahren schon große Mengen des Haldenmaterials abgetragen, so daß sie nur noch ca. 10 m über dem Umgebungsniveau liegt. Die ebene Fläche erstreckt sich über ein Areal von ca. 90 m · 110 m.

Südöstlich der Nordhalde befindet sich die zweite Fläche. Auf dieser wurde seit mehr als zehn Jahren kein Material abgetragen. Dieses Plateau mit einer Ausdehnung von ca. 100 m · 200 m befindet sich ca. 20 m über dem Umgebungsniveau und wird im weiteren mit „Mittelhalde“ bezeichnet. Im Osten dieser Fläche ist das Gelände stark abschüssig; im Südwesten ist die Fläche durch ca. 20 m hoch aufgeschüttetes Material begrenzt.

Abbildung ST-7 zeigt die geografische Lage der Meßflächen mit den einzelnen Meßpunkten auf dem Haldengelände.

Meßsysteme

Für die Dokumentation aller Meßdaten wurde mit einem Differential-GPS die geografische Lage des Haldengeländes und aller Meßpunkte in Gauss-Krüger-Koordinaten vermessen. Die Messungen der γ -ODL mit einem Dosisleistungsmeßgerät mit Szintillationsdetektor in einem Meter Höhe über der Oberfläche lieferte erste Informationen über die Homogenität der Verteilung der Aktivität des Haldenmaterials auf der betrachteten Fläche. Die nuklidspezifischen In-situ-Messungen wurden in einer Höhe von einem Meter über der Oberfläche mit Germaniumdetektoren und tragbaren batteriegestützten Vielkanalanalysatoren mit integrierter Hochspannungsversorgung und integriertem Hauptverstärker durchgeführt. Aufgrund des zeitlich beschränkten Zutritts

zum Haldengelände wurde auf einer Meßfläche gleichzeitig mit zwei In-situ-Meßsystemen gearbeitet. Die Meßsignale der Detektoren (GMX-Detektor mit 23 % rel. Eff. und GEM-Detektor 50 % rel. Eff.) wurden in 4k-Spektren aufgezeichnet. An je einem Meßpunkt beider Meßflächen erfolgte zum Vergleich die Messung mit beiden Detektoren.

Messungen und Probenentnahme

Auf beiden Meßflächen wurden um einen mittleren Meßpunkt vier weitere Meßpunkte im Abstand von ca. 20 m auf der Nordhalde und ca. 25 m auf der Mittelhalde (siehe Abbildung 7 Punkte 1 bis 5 und 31 bis 35) für die in-situ-gammaspektrometrischen Messungen ausgewählt. An diesen

insgesamt zehn Meßpunkten wurde zunächst die γ -ODL bestimmt. Auf der Nordhalde erfolgte zusätzlich jeweils an vier weiteren Punkten zwischen den in-situ-Meßpunkten eine γ -ODL-Messung. Auf der Mittelhalde wurde die γ -ODL an fünf weiteren Meßpunkten in größerer Entfernung vom mittleren Meßpunkt zur Charakterisierung dieser Meßfläche gemessen.

An allen in-situ-Meßpunkten wurden je fünf Proben des Haldenmaterials mit einem Durchmesser von 10 cm und aus einer Tiefe bis zu 10 cm zur gammaspektrometrischen Messung im Labor entnommen, wobei sich die Korngröße der Bestandteile des Probenmaterials von sehr groß (Steine) bis zu sehr feinkörnig bewegte.

Ergebnisse

Die Berechnung der spezifischen Aktivitäten aus den In-situ-Spektren, bezogen auf die Masse mit dem tatsächlichen Feuchtegehalt (FM), erfolgte unter der Annahme einer homogenen Aktivitätsverteilung der Radionuklide im Haldenmaterial. Tatsächlich ist die spezifische Aktivität, insbesondere der Radionuklide der U-238-Zerfallsreihe, über der gesamten Fläche nicht konstant, sondern gehorcht einer Zufallsverteilung. Die Integration der Meßsignale aus dem gesamten Sichtbereich des Detektors bei der In-situ-Messung in einer Höhe von einem Meter rechtfertigt jedoch die Verwendung des homogenen Verteilungsmodells zur Bewertung der Fläche. Infolge der Abhängigkeit der Schwächung von Gamma-Strahlung im Haldenmaterial von der Gamma-Zerfallsenergie der einzelnen Radionuklide gibt die Auswertung aller Gamma-Energielinien eines Radionuklids Aufschluß über mögliche Abweichungen vom angenommenen Modell.

Die spezifischen Aktivitäten der Radionuklide aus der U-238-Zerfallsreihe (Pa-234m, Bi-214 und Pb-214), aus der Th-232-Zerfallsreihe (Ac-228, Bi-212 und Tl-208) sowie des K-40 wurden mit Hilfe der Gamma-Energielinien im Energiebereich von 200 bis 2800 keV bestimmt. Aus der spezifischen U-238-Aktivität (ermittelt aus der spezifischen Aktivität

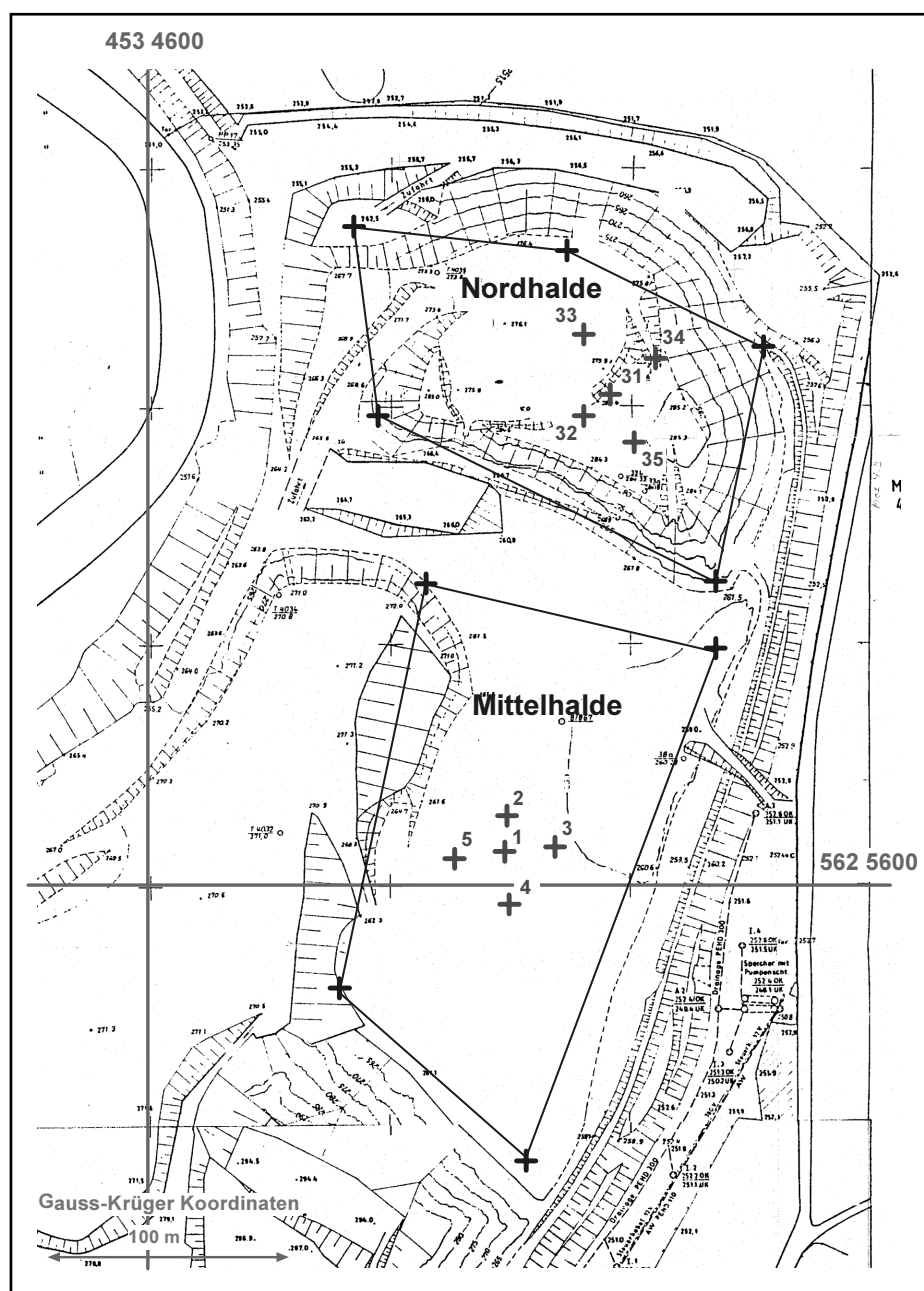


Abbildung ST-7
Übersicht der In-situ-Meßpunkte auf der Crossenhalde

des Pa-234m) und mit dem natürlichen Aktivitätsverhältnis von U-235/U-238 wurde die spezifische Aktivität von U-235 berechnet. Die spezifische Aktivität des Ra-226 wurde aus der 186 keV-Energienlinie unter Berücksichtigung der Interferenz mit U-235 berechnet.

Die Ergebnisse der In-situ-Messungen sind am Beispiel der Nordhalde in **Tabelle ST-10** aufgezeigt. Im Rahmen der Meßunsicherheiten der Methode stimmen die spezifischen Aktivitäten der Th-232-Zerfallsprodukte (ZP) und des K-40 an den einzelnen Meßpunkten überein. Die spezifischen K-40-Aktivitäten bewegen sich um einen Wert von 750 Bq/kg, die Werte der spezifischen Aktivitäten der Th-232-Zerfallsprodukte variieren um einen Wert von 33 Bq/kg. Mit Ausnahme des Meßpunktes 32 zeigen auch die spezifischen Aktivitäten der Radionuklide der U-238-Zerfallsreihe an den anderen Meßpunkten weitgehende Übereinstimmung und bewegen sich um Werte zwischen 1200 Bq/kg und 1500 Bq/kg. Der Meßpunkt 32 geht deutlich als Ausreißer gegenüber den anderen Meßpunkten dieser Fläche mit zwei- bis dreifacher spezifischer Aktivität der Ra-226-Zerfallsprodukte, jedoch einer verhältnismäßig geringen spezifischen U-238-Aktivität, hervor. Das Aktivitätsverhältnis von Ra-226 zu seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten variiert zwischen 1,6 und 1 an den einzelnen Meßpunkten. Am Meßpunkt 34 besteht radioaktives Gleichgewicht zwischen Ra-226 und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten. An diesem Meßpunkt war die Oberfläche stark verdichtet, so daß kaum Radon-222 entweichen konnte. An allen anderen Meßpunkten ist auf ein teilweises Entweichen des Rn-222 zu schließen. Mit Ausnahme des Meßpunktes 34 besteht ein Aktivitätsüberschuß von Ra-226 im Vergleich zum U-238.

An den Meßpunkten 31 bis 35 wurden aus den spezifischen Aktivitäten die nuklidspezifischen γ -ODL-Werte der Radionuklide der U-238-Zerfallsreihe, der Th-232-Zerfallsprodukte sowie des K-40 für jeden Meßpunkt berechnet und summiert. Die Summen wurden den direkt gemessenen γ -ODL-Werten in **Tabelle ST-11** gegenübergestellt. Unter Berücksichtigung des kosmischen Anteils von 30 nSv/h stimmen die Werte überein. Die an den einzelnen

Meßpunkt	Spezifische Aktivität in Bq/kg FM (Standardabweichung 30 %)						Detektor
	U-235 (über U-238 berechnet)	Ra-226 (bei 186 keV, U-235 abgezogen)	Ra-226-ZP	Pa-234m	Th-232-ZP	K-40	
31	64	1450	1150	1400	30	690	GEM
31	60	1850	1250	1300	32	780	GMX
32	39	4600	2800	850	37	770	GMX
33	58	1400	1150	1250	33	710	GEM
34	73	1400	1400	1550	29	660	GEM
35	59	1450	1050	1300	34	800	GMX

Tabelle ST-10

Aus den In-situ-Messungen ermittelte spezifische Aktivitäten auf der Nordhalde

Meßpunkten der Nordhalde gemessene γ -ODL ist in **Abbildung ST-8** graphisch dargestellt. Der Mittelwert der gemessenen γ -ODL auf der Nordhalde beträgt 840 nSv/h mit einer Standardabweichung von 24 % und ist mit dem Mittelwert der aus den In-situ-Spektren berechneten γ -ODL-Werte von 780 nSv/h vergleichbar. Die Ergebnisse der In-situ-Spektrometrie und der gammaspektrometrischen Bestimmung des Probenmaterials zeigen auch eine weitgehende Übereinstimmung, wenn man die Meßunsicherheiten beider Verfahren berücksichtigt.

Die Auswertung der auf der Mittelhalde aufgenommenen In-situ-Spektren erfolgte in gleicher Weise wie bei der Nordhalde. Die Meßergebnisse aus den In-situ-Spektren und die auf der Mittelhalde gemessenen γ -ODL-Werte zeigen, daß die Belastung dieser Fläche mit Radionukliden der U-238-Zerfallsreihe weitaus geringer ist als auf der Nordhalde. Unter Ausschluß der Meßwerte der beiden westlichen Meßpunkte mit wesentlich höheren γ -ODL-Werten ergeben die gemessenen γ -ODL-Werte einen Mittelwert von 440 nSv/h mit einer Standardabweichung von 8 %, der mit dem Mittelwert der aus den In-situ-Spektren berechneten nuklidspezifischen γ -ODL-Werten von 360 nSv/h vergleichbar ist.

Zusammenfassung

An allen Meßpunkten konnten auf Grund der hohen in-situ-spektrometrischen Meß-

werte für die Radionuklide der U-238-Zerfallsreihe die spezifischen Aktivitäten des U-238 und des Ra-226 direkt bestimmt werden. Damit können die Aktivitätsverhältnisse der Radionuklide innerhalb der U-238-Zerfallsreihe angegeben werden. Bei Aerogammamessungen in 100 m Höhe können infolge der Schwächung der γ -Strahlung in der Luft nur die kurzlebigen Ra-226-Zerfallsprodukte mit hoher γ -Zerfallsenergie und hoher Emissionswahrscheinlichkeit bestimmt werden. Beide Flächen eignen sich nur bedingt für eine Kalibrierung von Aerogammaspektrometern. Bei der Nordhalde unterscheiden sich die Meßwerte am Meßpunkt 32 signifikant von den Meßwerten der anderen Meßpunkte. Auf der Mittelhalde besteht ein Gradient der spezifischen Aktivität der Radionuklide der U-238-Zerfallsreihe. Weiterhin muß der störende Einfluß der angrenzenden Südhalde, die die Meßfläche durch ca. 20 m hoch aufgeschüttetes Material in südwestlicher Richtung begrenzt, bei Aerogammamessungen berücksichtigt werden.

Eine ausführliche Darstellung und Diskussion der Ergebnisse ist in [1] gegeben.

- [1] Krol, I.; Hohmann, Ch.
In-situ-Messungen Crossenhalde und Umgebung. Interner BfS-Bericht ST 2 - 26/1998

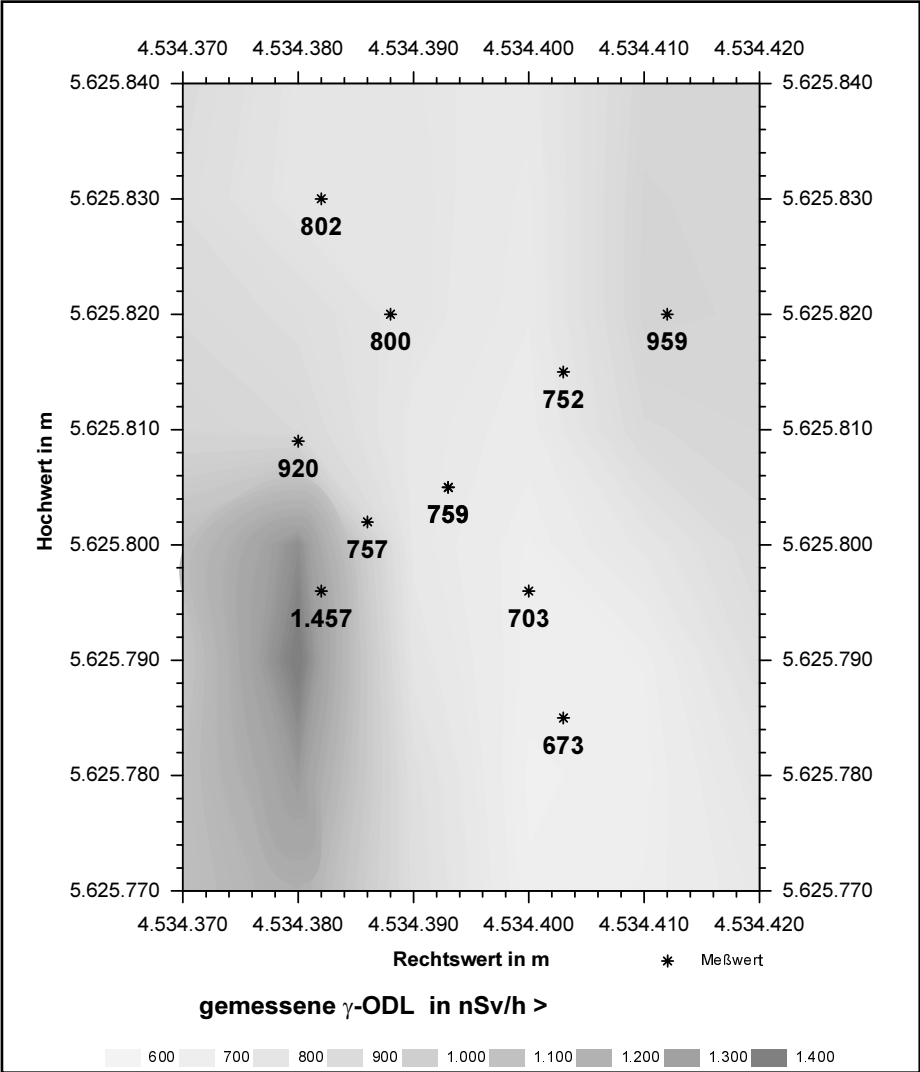


Abbildung ST-8
Gemessene μ -ODL auf der Nordhalde

Meßpunkt	γ -ODL in nSv/h				gemessen
	berechnet aus In-situ-Messung			Summe aus natürlichen Radionukliden	
	Ra-226-ZP	Th-232-ZP	K-40		
31	559	22	33	615	759
31	606	24	38	668	759
32	1385	28	37	1450	1457
33	572	25	34	630	802
34	690	22	32	743	959
35	518	26	39	583	673

Tabelle ST-11
Aus In-situ-Spektren berechnete und gemessene μ -ODL auf der Nordhalde

Natürliche Radionuklide und Sr-90 in Tagesausscheidungen von Personen

M. Naumann, K. Hänisch, M. Hartmann

Die früher durchgeführten Untersuchungen zur täglichen Ausscheidung von Thorium-Isotopen im Stuhl von Personen, die thoriumhaltige Gasglühstrümpfe bzw. -körper auswechseln [1, 2], und zu Normalgehalten an natürlichen Radionukliden in 24-Stunden-Ausscheidungen von Personen aus Berlin [3, 4] wurden fortgesetzt, indem Personen aus dem Erzgebirge einbezogen wurden und verstärkt 24-Stunden-Urinproben von Berliner Personen analysiert wurden, um Normalgehalte an Radionukliden zu bestimmen [5].

Die in 24-Stunden-Stuhlproben (bisher 27 Proben) von Personen, die thoriumhaltige Gasglühstrümpfe bzw. -körper auswechseln, bestimmten Werte für die Thorium-Isotope weisen eine erheblich höhere Spannweite im Vergleich zu den Normalwerten aus Berlin auf (siehe **Tabelle ST-12**), so daß in einzelnen Fällen geringfügige Inkorporationen von Thorium nicht ausgeschlossen werden können.

In zwei 24-Stunden-Stuhlproben von Personen aus dem Erzgebirge wurden für U-238 20 mBq/d (4,1 mBq/g und 3,7 mBq/g Asche) ermittelt. Dieser Wert ist vergleichbar mit dem Mittelwert von 17 mBq/d (3,5 mBq/g Asche) für Berlin. Für Ra-226 und Pb-210 wurden in jeweils fünf Proben von Personen aus dem Erzgebirge mit 112 mBq/d (30 mBq/g Asche) bzw. 156 mBq/d (49 mBq/g Asche) deutlich höhere Mittelwerte im Vergleich zu den Berliner Mittelwerten von 65 mBq/d (13 mBq/g Asche) für Ra-226 und 111 mBq/d (19 mBq/g Asche) für Pb-210 gefunden (**Tabelle ST-13**). Der Vergleich der Mittelwerte der spezifischen Ra-226- und Pb-210-Aktivitäten der Aschen zeigt die Unterschiede noch deutlicher.

In 24-Stunden-Urinproben ließen sich nur Sr-90, Pb-210 und Po-210 bestimmen. Gefunden wurde für Sr-90 ein Bereich von 4,8 mBq/d bis 17 mBq/d mit einem Mittelwert von 9,6 mBq/d, für Pb-210 von

3,5 mBq/d bis 16 mBq/d mit einem Mittelwert von 7,4 mBq/d und für Po-210 von kleiner Nachweisgrenze (nur eine Probe) bis 13 mBq/d mit einem Mittelwert von 4,1 mBq/d (**Tabelle ST-14**). Für Ra-226 konnten bei sieben Proben geringe Nettoeffekte gemessen werden, die im einzelnen nicht oberhalb der Nachweisgrenze von einigen mBq lagen und aus denen abgeschätzt werden kann, daß die Tagesausscheidung mit dem Urin bei bzw. unter 2 mBq/d liegt. Auch Uran ergab keine Werte oberhalb der Nachweisgrenze von einigen zehn Nanogramm für die Tagesausscheidung.

Mit den insgesamt 52 analysierten 24-Stunden-Urinproben von 25 Frauen und 27 Männern aus Berlin wurden die Mittelwerte der Volumina berechnet, wobei jahreszeitliche Schwankungen unberücksichtigt bleiben mußten. Für Frauen ergab sich ein Bereich von 1050 ml/d bis 2030 ml/d (Mittelwert 1550 ml/d) und für Männer von 1100 ml/d bis 3000 ml/d (Mittelwert 1750 ml/d); das sind deutlich höhere Werte als in der ICRP 23 [6] für den Referenzmenschen angegeben werden (**Tabelle ST-15**). Weiterhin wurden für die analysierten 24-Stunden-Stuhlproben von Berlinern (überwiegend Männern) die mittlere Frisch- und Aschemasse berechnet (**Tabelle ST-15**). Während der erstere Wert mit 165 g/d weitgehend mit dem Wert für den Referenzmenschen nach ICRP 23 [6] von 135 g/d (Männer) übereinstimmt, zeigt sich eine erhebliche Diskrepanz hinsichtlich der gefundenen mittleren Aschemasse von 5,0 g/d ($5,1 \pm 1,7$ g/d für 17 Proben von Männern und $4,1 \pm 1,5$ g/d für drei Proben von Frauen) im Vergleich zu den Werten der ICRP 23 [6] von 17 g/d für Männer und 15 g/d für Frauen. Die letzteren Werte scheinen jedoch nicht zutreffend zu sein, da in der ICRP 23 [6] für die 24-Stunden-Stuhlmengen Werte zwischen 60 g/d und 500 g/d (Mittelwert etwa 150 g/d) bzw. für den Referenzmenschen von 135 g/d für Männer und 110 g/d für Frauen angeführt werden und der Ascheanteil mit 0,8 % bis 3 % der Frischmasse angegeben wird. Ausgehend von dem o. g. Mittelwert von 150 g/d und dem höchsten Wert für den Ascheanteil von 3 % wären allenfalls mittlere Aschemassen von bis zu 5 g/d verständlich, jedoch nicht Werte bei 15 g/d und darüber.

	Th-232 mBq/d	Th-228 mBq/d	Th-230 mBq/d
B	5,4 (1,6 bis 12) 10	23 (11 bis 39) 10	9,8 (1,7 bis 16) 10
G	(5 bis 578) 27	(10 bis 180) 27	(4 bis 126) 27

Tabelle ST-12

Thorium-Isotope im 24-Stunden-Stuhl von Personen aus Berlin (B) und solchen, die thoriumhaltige Gasglühstrümpfe bzw. -körper (G) auswechseln (jeweils Mittelwert, Spannweite, Probenanzahl)

Gebiet	U-238 mBq/d	Ra-226 mBq/d	Pb-210 mBq/d
B	17 (5 bis 27) 10	65 (38 bis 121) 9	111 (52 bis 185) 7
E	20 (2 x 20) 2	112 (8 bis 231) 5	156 (16 bis 262) 5

Tabelle ST-13

Natürliche Radionuklide im 24-Stunden-Stuhl von Personen, die in Berlin (B) bzw. im Erzgebirge (E) leben (jeweils Mittelwert, Spannweite, Probenanzahl)

Pb-210 mBq/d	Po-210 mBq/d	Sr-90 mBq/d
7,4 (3,5 bis 16) 10	4,1 (<NWG bis 13) 12	9,6 (4,8 bis 17) 10

Tabelle ST-14

Radionuklide im 24-Stunden-Urin von Personen aus Berlin (jeweils Mittelwert, Spannweite, Probenanzahl)

	24-h-Urin-Volumen in ml			24-h-Stuhl-Masse in g	
	Frauen	Männer	gesamt	Frish	Asche
Berlin	1 550	1 750	1 650	165	5,0
ICRP 23	1 000	1 400	-	135 (m)	15(w), 17(m)

Tabelle ST-15

Durchschnittliche tägliche Ausscheidung von Urin und Stuhl von Berliner Personen im Vergleich zu den Werten für den Referenzmenschen nach ICRP 23 (6)

[1] Naumann, M.; Groche, K.; Hänisch K. Thoriumbestimmungen in Faecesproben von Personen, die Gasglühstrümpfe auswechseln. BfS-Jahresbericht 1992, S. 160–161 [2] Naumann, M.; Hänisch, K.; Schönherr, H. Thoriumbestimmungen in Faecesproben von Personen, die Gasglühkörper auswechseln. BfS-Jahresbericht 1994, S. 174–175 [3] Naumann, M.; Hänisch, K.; Hartmann, M. Normalgehalte an natürlichen Radio-	nukliden in Stuhlproben von Personen. BfS-Jahresbericht 1997, S. ST 56 [4] Naumann, M.; Hänisch, K.; Hartmann, M. Levels of natural radionuclides in human excreta in the Berlin area. Radiation Protection Dosimetry, Vol. 79, 1998, pp. 197–200 [5] Naumann, M.; Hänisch, K.; Hartmann, M.; Schönherr, H. Natürliche und künstliche Radionuklide in Urin- und Stuhlproben von Personen aus der Bevölkerung.

In:

Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H.
Radioaktivität in Mensch und Umwelt
30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, 28. September bis 2. Oktober 1998, Lindau. Verlag TÜV Rheinland/Berlin-Brandenburg, Köln, 1998, S. 216–221

- [6] International Commission on Radiological Protection. Reference Man: Anatomical, Physiological and Metabolic Characteristics. ICRP Publication 23 (Oxford: Pergamon Press) (1975)

Ringversuch „Kohlenstoff-14 in Urin“

M. Hartmann, E. Günther **, M. Naumann

Im Berichtszeitraum wurden als Teilaufgabe der Leitstelle für Inkorporationsüberwachung des Bundesamtes für Strahlenschutz die Maßnahmen zur Qualitätsüberwachung der ausscheidungsanalytischen Labore, die von den zuständigen Behörden als Meßstelle bestimmt wurden, mit der Durchführung des Ringversuchs „Kohlenstoff-14 in Urin“ [1] fortgesetzt. Die Durchführung erfolgte nach vorheriger Abstimmung mit dem Arbeitskreis Inkorporationsüberwachung des Fachverbandes für Strahlenschutz und unter enger Mitwirkung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt.

Entsprechend der „Richtlinie über Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen“ [2] müssen die darin festgelegten Kriterien für die Bestimmungsgrößen zur Charakterisierung der Richtigkeit und Präzision im Aktivitätsbereich zwischen dem 10fachen und 1000fachen des Minimalwertes der nachzuweisenden Aktivität eines Tagesurins erfüllt werden. Da dieser Wert für C-14 mit 80 Bq/d sehr hoch ist, ergibt sich bereits für die Aktivitätskonzentration nahe dem 10fachen ein vergleichsweise hoher Wert, so daß für die Messung jeweils nur wenige Milliliter Probenlösung benötigt werden. Als Ausgangsprodukt für den Urin diente eine Charge Mischurin von verschiedenen Personen, dem zur Erhöhung der Haltbarkeit konzentrierte Salpetersäure zugesetzt wurde. Als Aktivitätsnormal

wurde von der PTB eine wäßrige Lösung von C-14-markierter Ethylendiamintetraessigsäure zur Verfügung gestellt, mit dem zwei Probenlösungen mit den Referenzwerten 2,06 kBq/l (Probe C-14/1) bzw. 315 Bq/l (Probe C-14/2) hergestellt wurden.

Die Teilnehmer wurden aufgefordert, von jeder Probe sechs Einzelbestimmungen vorzunehmen. Die Untergrundmessung konnte mit einer beliebigen unbelasteten Urinprobe durchgeführt werden, da die Schwankungen des Untergrundes bei den hohen Aktivitätsniveaus vernachlässigbar sind.

Die statistische Auswertung des Ringversuchs erfolgte auf der Grundlage der DIN 38 402, Teil 42 [3] mit Hilfe eines in [4] beschriebenen EDV-gestützten Auswerteverfahrens. Der Ringversuch führte zu folgenden Ergebnissen:

- Am Ringversuch beteiligten sich 11 Labore. Die statistische Auswertung ergab für die Probe C-14/1, daß im gesamten Datenmaterial kein Ausreißer vorlag. Bei den Ergebnissen für die Probe C-14/2 wurde ein Ausreißerlabor (Typ 2) klassifiziert, da der Labormittelwert signifikant von den übrigen Labormittelwerten abwich.
- Der jeweilige Gesamtmittelwert der Aktivitätskonzentration wich bei beiden Proben nicht signifikant vom entsprechenden Referenzwert ab. Die Wiederfindungsraten betrugen 102 % für die Probe C-14/1 und 101 % für die Probe C-14/2.
- Die Akzeptanzkriterien gemäß der o. g. Richtlinie [2] wurden von allen Teilnehmern erfüllt.
- Die Bestimmung von C-14 in Urin ist von allen Teilnehmern mittels Flüssig-Szintillationsmessungen durchgeführt worden. Die Anwendung unterschiedlicher Varianten des Meßverfahrens, die sich in der Regel nur durch die Verwendung verschiedener Szintillatoren unterschieden, führte bei allen Teilnehmern zu richtigen und präzisen Ergebnissen.

- [1] Hartmann, M.; Günther, E.*; Naumann, M.
Auswertung des Ringversuchs „BfS -

RV - C - 98“ Bestimmung von Kohlenstoff-14 in Urin. Interner Bericht ST 2-22/1998, August 1998

- [2] Richtlinie vom 30.9.96 über Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen. 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 statistischen Auswertung von Vergleichsanalysen: „Natürliche Radionuklide in Umweltproben“. BfS-Jahresbericht 1996, S. 158

Ringversuch „Thoriumisotope in Urin“

M. Hartmann, E. Günther **, M. Naumann

Gleichzeitig mit dem Ringversuch „Kohlenstoff-14 in Urin“ wurde im Berichtszeitraum der Ringversuch „Thoriumisotope in Urin“ [1] durchgeführt. Die gesetzlichen Grundlagen sowie die Verfahrensweise bei der Durchführung sind bereits in diesem Jahresbericht im Kurzbericht über den Ringversuch „Kohlenstoff-14 in Urin“ dargestellt.

14 Labore hatten die Teilnahme am Ringversuch zugesagt, wobei neben den von den zuständigen Behörden bestimmten Meßstellen der Bundesrepublik Deutschland auch ausländische Labore darunter waren. Jeder Teilnehmer erhielt zwei Polyethylenflaschen mit jeweils ca. 120 ml salpetersaurem Urin-Konzentrat mit einer hohen und einer niedrigen Thoriumkonzentration als Ausgangsmaterial für die zu analysierenden Urinproben. Die Urin-Konzentrate waren von den Teilnehmern mit salpetersaurem unbelasteten Sammelurin wie gefordert zu verdünnen, um die vorgesehenen Thorium-Konzentrationen und möglichst reale Probenvolumina zu erhalten.

Als Aktivitätsnormal wurde von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt eine salpetersaure Lösung von Thoriumnitrat zur Verfügung gestellt. Entsprechend dem

Zertifikat des Aktivitätsnormals waren Th-232 und Th-228 nahezu im radioaktiven Gleichgewicht. Der alphaspektrometrisch bestimmte Aktivitätsanteil an Th-230 betrug, bezogen auf die Aktivität des Th-232, $0,16 \pm 0,04$ (Vertrauensniveau 95 %).

Zehn Labore sandten fristgemäß Ergebnisse ein, wobei ein Labor infolge der Anwendung unterschiedlicher Analyseverfahren doppelt erfaßt wurde. Vier Teilnehmer konnten aus zeitlichen, personellen oder technischen Gründen keine Ergebnisse einreichen.

Die statistische Auswertung des Ringversuchs erfolgte auf der Grundlage der DIN 38 402, Teil 42, [2] mit Hilfe eines in [3] beschriebenen EDV-gestützten Auswertungsverfahrens. In der **Tabelle ST-16** sind für die Proben Th-1 und Th-2 die nach dem vorgeschriebenen Verdünnen errechneten Referenzwerte der Aktivitätskonzentrationen für die einzelnen Thorium-Isotope, die aus der statistischen Auswertung berechneten Gesamtmittelwerte sowie die Abweichungen der Gesamtmittelwerte von den Referenzwerten bzw. die Wiederfindungsraten aufgeführt.

Der Ringversuch führte zu folgenden Ergebnissen:

- Fast alle Labore bestimmten die Aktivitätskonzentration der Thorium-Isotope, und zwar unter Anwendung der Alpha-spektrometrie. Unterschiede bestanden nur in der chemischen Abtrennung. Ein Teilnehmer bestimmte zusätzlich die Thoriumkonzentration mit Hilfe der ICP-Massenspektrometrie.

Ein weiterer Teilnehmer wendete die Neutronenaktivierungsanalyse an.

- Ergebnisse für Th-232 konnten in 11 Fällen ausgewertet werden, wobei neun Ergebnisse alphaspektrometrisch und zwei durch Umrechnung aus der Elementbestimmung erhalten wurden. Bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse wurde sowohl für die Probe Th-1 als auch für die Probe Th-2 ein Ausreißerlabor (Typ 2) klassifiziert, da der entsprechende Labormittelwert signifikant von den übrigen Labormittelwerten abwich.
- Neun Teilnehmer übermittelten Ergebnisse für Th-228, wobei ebenfalls bei beiden Proben ein Ausreißerlabor (Typ 2) klassifiziert wurde.
- Die berechneten Gesamtmittelwerte für Th-232 und Th-228 wichen mit Wiederfindungsraten von 91,8 bei Probe 1 und 85,4 bzw. 88,6 bei Probe 2 signifikant von den entsprechenden Referenzwerten ab, wobei die Ursache nicht geklärt werden konnte.
- Für das Isotop Th-230 lagen ebenfalls neun Ergebnisse vor. Die statistische Auswertung ergab nur bei der Probe Th-2 einen Ausreißer vom Typ 2. Die Wiederfindungsraten betrugen 98,5 % für die Probe Th-1 und 98,3 % für die Probe Th-2. Bei beiden Proben stimmten die berechneten Gesamtmittelwerte gut mit den Referenzwerten überein. Dies kann jedoch zufällig sein, da im Zertifikat des Aktivitätsnormals für den Th-230-Aktivitätsanteil eine Unsicherheit von 25 % (Vertrauensniveau 95 %) angegeben wird.

heit von 25 % (Vertrauensniveau 95 %) angegeben wird.

- Die gemäß der „Richtlinie über Anforderungen an die Inkorporationsmeßstellen“ [4] festgelegten Kriterien für die Bestimmungsgrößen zur Charakterisierung der Richtigkeit und Präzision der Ergebnisse wurden von fast allen Teilnehmern erfüllt.

Die enger gefaßten Kriterien der statistischen Auswertung nach DIN 38402, Teil 42, [2] ergaben Ausreißer, die jedoch nach den Akzeptanzkriterien nicht zu beanstanden waren. Dennoch sollten die Labore die aus der statistischen Auswertung erhaltenen Aussagen für ihre Qualitätssicherung nutzen, indem sie bei signifikanten Abweichungen ihrer Ergebnisse die Verfahrensweise bei der Probenaufbereitung und Messung, insbesondere die Kalibrierung überprüfen und gegebenenfalls Fehlerquellen beseitigen.

Die regelmäßige Durchführung von Ringversuchen wird nach vorheriger Abstimmung mit dem Arbeitskreis Inkorporationsüberwachung des Fachverbandes für Strahlenschutz fortgesetzt.

- [1] Hartmann, M.; Günther, E.*; Naumann, M.
Auswertung des Ringversuchs „BfS - RV-Th -98“ Bestimmung von Thorium bzw. Thorium-Isotopen in Urin. Interner Bericht ST 2-23/1998, August 1998

- [2] DIN 38 402, Teil 42
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Allgemeine Angaben (Gruppe A) Ringversuche, Auswertung, Mai 1984

- [3] Hartmann, M.; Krol, I.
Programm zur statistischen Auswertung von Vergleichsanalysen: „Natürliche Radionuklide in Umweltproben“. BfS-Jahresbericht 1996, S. 158

- [4] Richtlinie vom 30. 09. 1998 über Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen. GMBI 1996, Nr. 46, S. 996

Thorium - Isotop	Referenzwert in mBq/l	Gesamtmittelwert in mBq/l	Abweichung in %	Wiederfindungsrate in %
Probe Th-1:				
Th-232	613	563	8,2	91,8
Th-228	613	563	8,2	91,8
Th-230	98,1	96,6	1,5	98,5
Probe Th-2:				
Th-232	21,9	18,7	14,6	85,4
Th-228	21,9	19,4	11,4	88,6
Th-230	3,5	3,44	1,7	98,3

Tabelle ST-16

Vergleich der Referenzwerte mit den Gesamtmittelwerten sowie deren Abweichungen für die beiden Probenlösungen

Fünfte Vergleichsanalyse „Boden 1998“

U.-K. Schkade, M. Hartmann, M. Naumann

Im Berichtszeitraum wurde von der Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten in den neuen Bundesländern (Bereich VOAS) die fünfte Vergleichsanalyse „Boden 1998“ durchgeführt.

Als Ausgangsmaterial diente Boden vom Flußufer der Mulde in der Nähe der Erzverladestelle Schacht 371 der Wismut GmbH, Sanierungsbetrieb Aue, von einem Areal, bei dem die spezifische Ra-226-Aktivität des Bodens erfahrungsgemäß zwischen 200 Bq/kg und 300 Bq/kg lag. Das entnommene Material enthielt nur vernachlässigbare organische Bestandteile und keine Steine. Das Ausgangsmaterial wurde bei einer Temperatur von 80 °C getrocknet, anschließend in einer Scheibenschwingmühle zerkleinert und der ausgesiebte Anteil mit einer Korngröße kleiner 200 µm etwa 30 Stunden in einem Rhönradmischer homogenisiert. Anhand von acht Meßproben mit jeweils einer Masse von 1 kg wurde die Homogenität des Probenmaterials durch gammaspektrometrische Messung überprüft, wobei die relativen Standardabweichungen der Ergebnisse für K-40 1 %, Ra-226/U-235 1 %, Ac-228 2 %, Bi-214 6 % und Pb-214 6 % betrugen und keine Ausreißer mit dem Ausreißertest nach GRUBBS [1] klassifiziert werden konnten, so daß das Probenmaterial als ausreichend homogen angesehen wurde. Im Boden sollten die spezifischen Aktivitäten der natürlichen Radionuklide U-238, U-235, Ra-226, Pb-210, Ra-228, Th-228, Ac-227 und K-40 gammaspektrometrisch bestimmt werden.

An der Vergleichsanalyse haben insgesamt 54 Labors aus folgenden Bereichen teilgenommen:

- Zwei Bundesbehörden,
- 11 Landesmeßstellen,
- 12 Wirtschaftsunternehmen,
- neun Universitäten oder Fachhochschulen,
- ein Institut und

– 19 ausländische Meßstellen.

Jeder Teilnehmer erhielt etwa ein Kilogramm des homogenisierten Bodens, wobei für die Radionuklide jeweils fünf Einzelbestimmungen durchzuführen waren.

Tabelle ST-17 zeigt die aus den Ergebnissen der Teilnehmer berechnete spezifische Aktivität der einzelnen Radionuklide als Gesamtmittelwerte mit der jeweiligen relativen Vergleichs- und Wiederholstandardabweichung sowie im Vergleich dazu den Wert, den die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) ermittelt hat.

Die Auswertung der Vergleichsanalyse erfolgte auf Grundlage der DIN 38402, Teil 42, [1] und führte zu ähnlichen Ergebnissen hinsichtlich der statistisch verwertbaren Labormittelwerte wie bei der ersten Vergleichsanalyse „Boden 1993“ [2] und der dritten Vergleichsanalyse „Boden 1995“ [3,4].

Die Auswertung hat gezeigt, daß die überwiegende Anzahl der Labors bei der gammaspektrometrischen Bestimmung der natürlichen Radionuklide U-238, U-235, Ra-226, Ra-228, Th-228, Ac-227 und K-40 verwertbare, d. h. im 2-Sigma-Streubereich der ausreißerfreien Einzelwerte aller Teilnehmer liegende Mittelwerte für die spezifische Aktivität bestimmt hat. Die besten Auswertmöglichkeiten ergaben sich für die Radionuklide Ra-226 und U-235, bei denen jeweils 49 Labors in die statistische Auswertung einbezogen werden konnten. Für die statistische Auswertung des Radionuklide Ac-227 standen mit 38 die wenigsten Labormittelwerte zur Verfügung. In **Abbildung ST-9** ist die detaillierte Auswertung graphisch dargestellt. Eine Besonderheit stellt das Radionuklid Pb-210 dar. Einerseits konnte eine

vergleichsweise große Anzahl von Labors (41) in die statistische Auswertung einbezogen werden, andererseits weicht der erhaltene Mittelwert doch erheblich vom Wert der PTB ab, – ein Ausdruck für die Schwierigkeiten bei der gammaspektrometrischen Bestimmung von Pb-210. Ein weiteres Problem besteht darin, daß offenbar von einigen Teilnehmern die Ergebnisse, die mit kommerziellen Gamma-Spektrometrie-Programmen erhalten wurden, zu unkritisch übernommen wurden.

Die Durchführung von Vergleichsanalysen durch das BfS wird in den nächsten Jahren fortgesetzt werden. Vorgesehen sind zunächst die radiochemische Analyse einer Wasserprobe und eine weitere gammaspektrometrische Aktivitätsbestimmung an einer Feststoffprobe.

- [1] DIN 38402, Teil 42
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Allgemeine Angaben (Gruppe A) Ringversuche, Auswertung, Mai 1984
- [2] Naumann, M.; Groche, K.; Hartmann, M.; Schkade, U.-K.
Gammaspektrometrische Bestimmung der spezifischen Aktivität natürlicher Radionuklide, 1. Vergleichsanalyse „Boden 1993“. Interner Bericht ST 2 – 2/1993, Juli 1993
- [3] Schkade, U.-K.; Hartmann, M.; Naumann, M.
Gammaspektrometrische Bestimmung der spezifischen Aktivität natürlicher Radionuklide in Umweltproben, 3. Vergleichsanalyse „Boden 1995“. Interner Bericht ST 2 – 23/1996, Mai 1996

Radionuklid	Referenzwert in Bq/kg	Gesamtmittelwert in Bq/kg	relative Vergleichs- standardabweichung	relative Wiederhol- standardabweichung
U-238	340	331	11,4	4,9
U-235	16,3	16,1	17,5	7,8
Ra-226	258	249	15,2	6,0
Pb-210	260	190	27,2	10,6
Ra-228	62,4	56,1	5,6	2,9
Th-228	60,6	58,7	10,4	5,3
Ac-227	11,1	12,6	19,7	11,1
K-40	850	847	7,2	3,1

Tabelle ST-17

Ermittelter Gehalt des Bodens an Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihen sowie an K-40

[4] Naumann, M.
 Vergleichsanalysen zur Qualitäts-
 überwachung bei der Bestimmung
 natürlicher Radionuklide – eine
 Bilanz. BfS-Jahresbericht 1995, S.
 169–170

Neue Verfahren zur Bestimmung von Am-241, Plutonium-, Uran- und Thorium-Isotopen im Abwasser kerntechnischer Anlagen

M. Beyermann, M. Bräuer, D. Obrikat, P.
 Radke

Abwässer aus Kernkraftwerken sind an-
 hand von Vierteljahresmischproben auf
 ihren Gehalt an Alphastrahlern (Gesamt-
 aktivität) zu untersuchen. Wird dabei der
 Wert von 1 Bq/l überschritten, müssen die
 Aktivitäten einzelner Alphastrahler wie
 Am-241, Pu-238 und Pu-239/Pu-240 be-
 stimmt und bilanziert werden. Bei den
 Abwässern aus der Brennelementher-
 stellung sind darüber hinaus z. T. die Tho-
 rium-Isotope Th-228, Th-230 und Th-232
 zu bestimmen.

Zwei Analysenmethoden auf der Basis der
 Extraktionschromatographie zur Bestim-
 mung von Am-241, Plutonium-, Uran- und
 Thorium-Isotopen im Abwasser kerntechni-
 scher Einrichtungen wurden im Berichts-
 zeitraum erarbeitet. Im Vergleich zu den
 klassischen radiochemischen Methoden
 sind extraktionschromatographische Ver-
 fahren [1, 2] einfacher, schneller und we-
 sentlich sparsamer im Chemikalienver-
 brauch. Eine Analyse – von der Probenauf-
 bereitung bis zur rechnergestützten Aus-
 wertung der Meßergebnisse – erfordert
 einen Zeitaufwand von maximal 4 Tagen;
 die chemischen Ausbeuten liegen zwis-
 chen 70 % und 90 %.

Bestimmung von Am-241, Pu-238, Pu- 239/Pu-240, U-234, U-235 und U-238

Das Verfahren besteht in der aufeinander-
 folgenden Trennung der Uran-, Ameri-
 cium- und Plutonium-Ionen von der Pro-
 benmatrix an einem spezifischen Träger

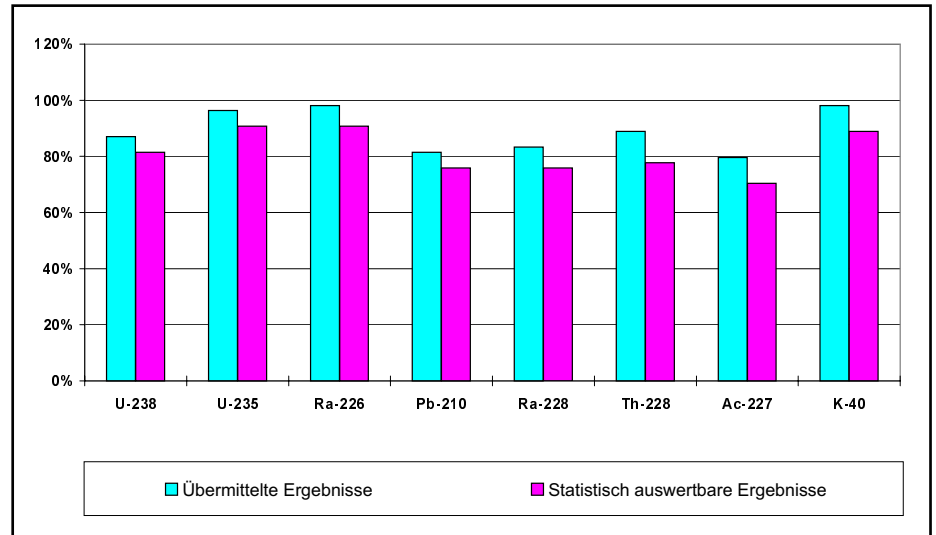


Abbildung ST-9
 Fünfte Vergleichsanalyse 1998 (Boden)
 – Prozentsätze an übermittelten und statistisch auswertbaren Ergebnissen

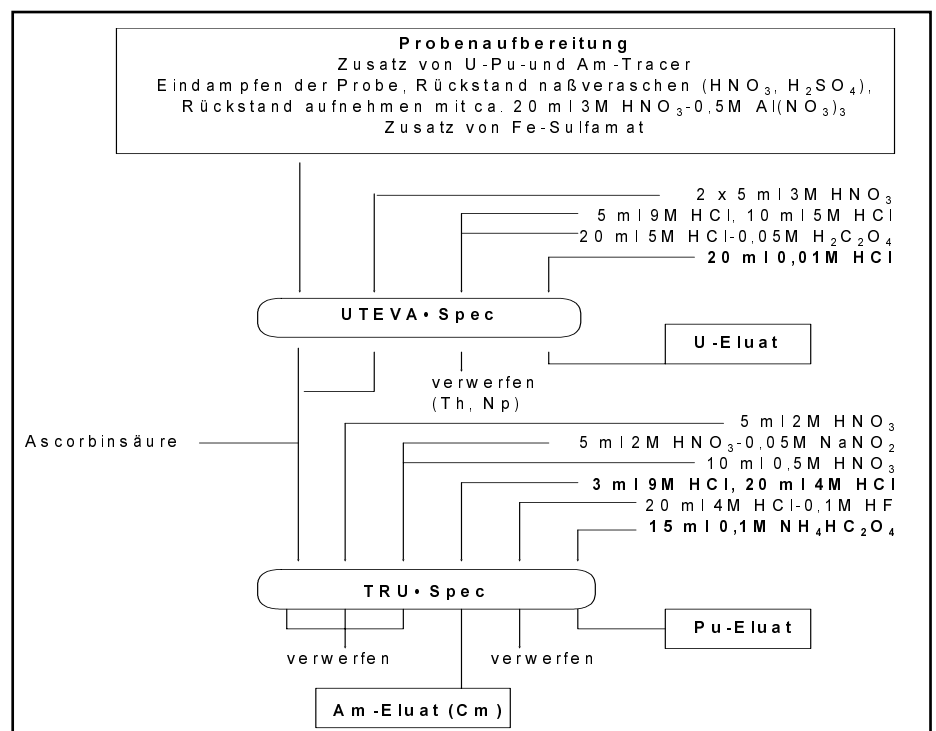


Abbildung ST-10
 Schema des extraktionschromatographischen Verfahrens zur Bestimmung von Am-241, U-234,
 U-235, U-238, Pu-238 und Pu-239/Pu-240

für Uran und tetravalente Actinide und
 anschließend an einem spezifischen Trä-
 ger für Transurane (UTEVA-Spec und
 TRU-Spec, Eichrom Industries, Inc.). Die

Aktivitäten der einzelnen Nuklide werden
 alpha-spektrometrisch gemessen, zur
 Ausbeutebestimmung werden U-232-
 Am-243- und Pu-236-Tracer verwendet.

Der Trennungsgang ist in **Abbildung ST-10** schematisch dargestellt.

Nach dem Tracerzusatz und der Naßveraschung der Probe wird Eisen-Sulfamat zur Probenlösung gegeben, um Plutonium-Ionen zur Oxidationsstufe +3 zu reduzieren. Beim Durchlaufen der U/TEVA Säule bleiben dreiwertige Ionen (Americium, Plutonium) in der wäßrigen Probenlösung, Uran und Thorium werden in Form von Nitratokomplexen in die organische Phase extrahiert und damit am Träger gebunden. Nach dem Auswaschen von Thorium-Ionen mit Salzsäure werden die Uranyl-Ionen von der Säule eluiert.

Die restliche, Americium und Plutonium enthaltende Probenlösung wird mit Ascorbinsäure versetzt (Reduktion von Fe^{3+} zu Fe^{2+}) und über eine TRU-Säule gegeben. Mit NaNO_2 wird Pu^{3+} wieder zu Pu^{4+} oxidiert, um eine effektive Trennung von den dreiwertigen Americium-Ionen zu erreichen. Enthält die Probe auch Curium-Isotope, wird Cm^{3+} gemeinsam mit Am^{3+} von der Säule eluiert. Da sich die Alphaenergien der relevanten Curium- und Americium-Isotope deutlich unterscheiden, können ggf. die Aktivitäten von Cm-242, Cm-244, Am-241 und Am-243 als Tracer gleichzeitig gemessen werden. Nach dem Auswaschen restlicher Thorium-Ionen von der Säule erfolgt im letzten Schritt die Elution von Plutonium.

Aus den drei gereinigten Elementfraktionen (Uran-, Americium- und Plutonium-Eluate) werden durch elektrochemische Abscheidung der Hydroxide auf Stahlplättchen Präparate für die alpha-spektrometrische Messung hergestellt.

Bestimmung von Th-228, Th-230 und Th-232

Dieses Verfahren beruht auf der extraktionschromatographischen Trennung der Thorium-Ionen von anderen Radionukliden, hauptsächlich Uran-Isotopen mit einem spezifischen Träger für tetravalente Actinide (TEVA-Spec, Eichrom Industries, Inc.). Zur Anreicherung der Actiniden aus der Probenlösung wird eine Phosphatfällung durchgeführt und der Niederschlag anschließend gelöst. Diese salpeter-saure Probenlösung wird über eine TEVA-Säule

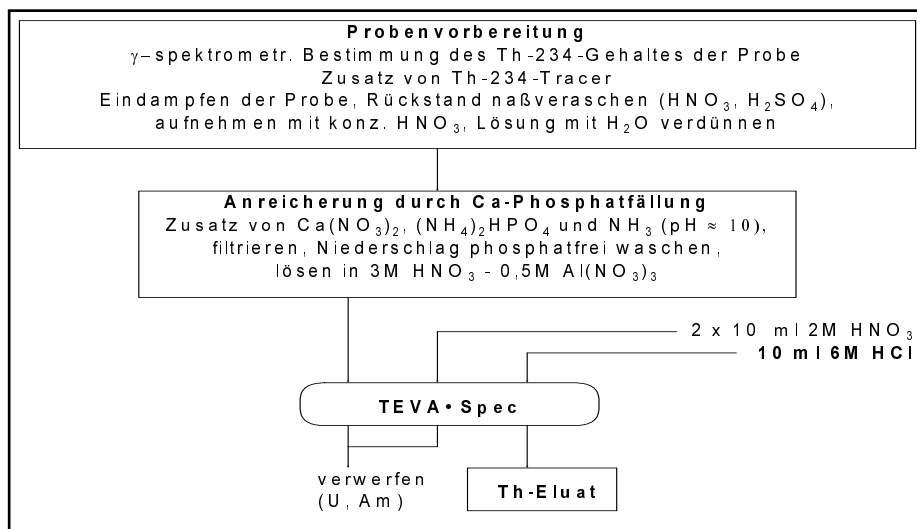


Abbildung ST-11

Schema des extraktionschromatographischen Verfahrens zur Bestimmung von Th-228, Th-230 und Th-232

Radionuklidanalyse (Abwasser)	Zeitaufwand in Tagen (Anzahl der Arbeitsschritte)		Verbrauch an Chemikalien in Liter			
	KC	EC	wäßrige Lösungen		organische Lösungen	
			KC	EC	KC	EC
U-Isotope	4 (15)		1,3		0,1	
Pu-Isotope	4 (15)	4 (15)	1,2	0,2	0,1	—
Am-241*	5 (16)		0,8		0,3	
Th-Isotope	7 (22)	3 (7)	0,9	0,05	0,1	—

KC - klassische radiochemische Verfahren nach [3]
 EC - extraktionschromatographische Verfahren
 * - in Lebensmitteln, für Abwasser bisher nicht vorhanden

Tabelle ST-18

Gegenüberstellung von klassischen radiochemischen Methoden (KC) und extraktionschromatographischen Verfahren (EC) hinsichtlich ihres Bedarfs an Zeit und Chemikalien

gegeben, um vierwertige Thorium-Ionen (auch Plutonium- und Neptunium-Ionen) zu binden und von sechswertigen Uran sowie von dreiwertigen Americium- und Curium-Ionen zu trennen. Die auf der Säule zurückgehaltenen Thorium-Isotope werden dann mit salzsaurer Lösung eluiert; vierwertige Plutonium- und Neptunium-Ionen bleiben dabei auf der Säule.

Die Aktivitätsmessung der drei zu bestimmenden Thorium-Isotope erfolgt ebenfalls alpha-spektrometrisch. Das Meßpräparat wird entweder wie bei der oben beschriebenen Methode durch Elektrodeposition oder durch Mikrofällung mit Cer-Fluorid unmittelbar aus dem Eluat hergestellt. Zur Ausbeutebestimmung wird der Probe ein

Thorium-Tracer, vorzugsweise Th-234, zugesetzt. In **Abbildung ST-11** ist das Analysenverfahren schematisch dargestellt.

Ergebnisse

Jeweils vier Tracerversuche für beide Methoden ergaben mittlere Ausbeuten von 95 % für U-232, von 85 % für Am-243 und Pu-236 sowie von 80 % für Th-234 bzw. Th-229. Bei der Analyse realer Abwasserproben wurden in der Regel um 5 % bis 10 % geringere Ausbeuten erreicht.

Der Zeitbedarf pro Analyse und der Chemikalienverbrauch (grob abgeschätzte Werte) für die neuen und die bisher empfohlenen Methoden [3] sind in **Tabelle ST-18** gegenübergestellt. Bei den extraktionschromatographischen Verfahren werden gesundheitsgefährdende organische Lösungsmittel nicht verwendet, komplizierte Arbeitsschritte sind nicht enthalten. Neben der Einsparung von Chemikalien und Arbeitszeit begünstigt auch die einfache Arbeitsweise deren Einsatz im Labor-Routinebetrieb.

- [1] Horwitz, E. Ph.; Chiarizia, R.; Dietz, M. L.; Diamond, H.; Nelson, D. M. Separation and Preconcentration of Actinides from Acidic Media by Extraction Chromatography *Analytica Chimica Acta* 281 (1993) S. 361–372
- [2] Horwitz, E. Ph.; Dietz, M. L.; Chiarizia, R.; Diamond, H.; Maxwell, S. L.; Nelson, D. M. Separation and preconcentration of actinides by extraction chromatography using a supported liquid anion exchanger: application to the characterization of high-level nuclear waste solutions *Analytica Chimica Acta* 310 (1995) S. 63–78
- [3] Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit H- α -SPEKT-AWASS-01, -03 und -04, E- α -SPEKT-LEBM-01
In: Meßanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und zur Erfassung radioaktiver Emissionen aus kerntechnischen Anlagen
Gustav Fischer Verlag 1992

Messung von H-3 und C-14 in der Fortluft von Kernkraftwerken

P. Gesewsky, P. Gumbrecht, B. v. Helden

Sowohl H-3 als auch C-14 sind reine Betastrahler und liegen in der Fortluft von kerntechnischen Anlagen gewöhnlich als Gase vor. In Kernkraftwerken handelt es sich dabei fast ausschließlich um HTO, der Gehalt an HT ist demgegenüber gering.

Für C-14 zeigen sowohl frühere als auch neueste Untersuchungen, daß dieses Radionuklid bei Siedewasserreaktoren (SWR) zu über 95 % in der chemischen Form Kohlendioxid gebunden vorliegt. In der Fortluft von Druckwasserreaktoren (DWR) sind als C-14-Emittenten Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe wie Methan in wechselnder Zusammensetzung vorzufinden. Die Aktivitätskonzentration von H-3 in der Fortluft von Siedewasserreaktoren liegt überwiegend im Bereich von 10 Bq/m^3 – 50 Bq/m^3 , diejenige für Druckwasserreaktoren bei ca. 100 Bq/m^3 – 500 Bq/m^3 , bezogen auf eine elektrische Jahresleistung von 1 GW. Die entsprechenden Werte für C-14 liegen bei ca. 50 Bq/m^3 – 250 Bq/m^3 (SWR) bzw. bei ca. 20 Bq/m^3 – 100 Bq/m^3 (DWR). Die Ableitungen von H-3 mit dem Abwasser überwiegen gegenüber denjenigen mit der Fortluft. Für C-14 sind die Abgaben mit dem Abwasser demgegenüber vernachlässigbar klein.

H-3 wird in Kernkraftwerken hauptsächlich durch ternäre Spaltung gebildet. Das C-14 entsteht im Primärkühlmittel vor allem über eine (n, ρ)-Reaktion mit N-14 (Stickstoffgehalt im Kühlmittel einige ppm) und eine (n, α)-Reaktion mit O-17 des Kühlmittels. Die besondere Bedeutung des Radionuklids C-14 liegt darin, daß die Strahlenexposition der Bevölkerung durch aus Kernkraftwerken in Deutschland abgeleiteten Radionukliden neben den Edelgasen hauptsächlich durch C-14 bestimmt wird.

Zur gemeinsamen Probenentnahme von H-3 und C-14 werden zwei verschiedene Systeme eingesetzt. Eine Einheit arbeitet mit Natronlaugewäschern, wobei der Sammelzeitraum ein bis drei Monate und der Durchsatz ca. 6 m^3 beträgt. In dem zweiten System werden Molekularsiebpatronen eingesetzt. Der Sammelzeitraum beträgt drei Monate und das durchgesetzte Volumen ca. $1,5 \text{ m}^3$. Beide Verfahren sind für die vorgesehene Aufgabe geeignet, jedoch haben sich im Rahmen ausführlicher Untersuchungen im BfS die folgenden Vorteile der Molekularsiebmethode gezeigt:

- Die Abtrennung von HTO aus der Fortluft erfolgt (auch bei höheren Tempera-

turen) bis auf weniger als 0,1 %, ebenso die Abtrennung des Kohlendioxids,

- es handelt sich beim Molekularsieb um ein festes Adsorptionsmedium, das in selbstschließendes Patronen leicht handhabbar, aufbewahrbar und transportierbar ist,
- die radiochemische Aufarbeitung der beaufschlagten Proben ist einfach durchführbar,
- das Meßergebnis wird nicht durch Störeinflüsse wie unterschiedliche Luftfeuchte oder Verdunstung der Absorberlösung beeinträchtigt, der Isotopieeffekt tritt nicht meßbar auf,
- es handelt sich beim Molekularsieb nicht um einen gefährlichen Arbeitsstoff,
- Handhabung, Transport und Entsorgung sind problemlos durchzuführen.

Die Methode der Probenentnahme mit Molekularsieben ist insbesondere auch dann vorzuziehen, wenn die radiochemische Aufarbeitung und Messung der Proben im Flüssigszintillationsspektrometer nicht vor Ort, sondern in einem anderen Labor durchgeführt wird und die Proben dorthin verschickt werden müssen. Bei den zur Zeit in Betrieb befindlichen 19 Kernkraftwerken in Deutschland wird die Probenentnahme mit Molekularsieb inzwischen in 13 Anlagen durchgeführt.

- [1] Gesewsky, P.; Gumbrecht, P.; v. Helden, B.,
Simultane Probeentnahme von H-3 und C-14 in der Fortluft kerntechnischer Anlagen: in: Radioaktivität und Umwelt, Fachverband für Strahlenschutz, TÜV-Verlag GmbH Köln, 1998, Band 2, S. 570–573.

Ringvergleich C-14 in der Fortluft von Kernkraftwerken

P. Gesewsky, B. v. Helden, A. Deller

Die Richtlinie zur „Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken“ sieht für den Bereich Fortluft unter anderem einen Ringvergleich zur Messung der Aktivität von

Radionukliden auf Standardfiltern vor. Dieser Ringvergleich wird jährlich einmal vom Bundesamt für Strahlenschutz in Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) durchgeführt. Die einzelnen Teilnehmer erhalten durch den Ringvergleich die Möglichkeit, in ihren Meßsystemen nach unentdeckten Fehlern zu suchen und bei Bedarf Nachkalibrierungen durchzuführen. Aus dem gewonnenen Datensatz lassen sich Aussagen über den Stand der Meßtechnik der einzelnen Labore herleiten.

In Ergänzung zu diesem Ringvergleich wurde 1997 erstmalig ein Ringvergleich C-14 in der Fortluft durchgeführt [1]. Aus einer PTB-Standardlösung wurden dabei für jeden Teilnehmer drei Proben mit einer Aktivität im Bereich von 2,2 Bq bis 3,1 Bq und drei Proben mit einer Aktivität von 140 Bq bis 210 Bq durch Verdünnen mit 100 ml Natronlauge (1 mol/l) hergestellt. In jede Probe wurde weiterhin diejenige Menge an Natriumkarbonat zugegeben, die genau dem Kohlendioxidgehalt von einem Kubikmeter Luft entspricht. Die Proben wurden am 29. 07. 1997 versandt.

Insgesamt haben an diesem Ringvergleich 30 Labore teilgenommen. Aufgrund meßtechnischer Schwierigkeiten gingen die Ergebnisse einiger Teilnehmer erst etwa einen Monat nach dem Abgabetermin (01. 10. 1997) ein. Nach Versendung der Resultate als Kurzbericht haben zwei Teilnehmer erneut Proben zur Messung angefordert, deren Meßwerte Ende Februar bzw. Mitte März 1998 eingegangen waren. Alle Teilnehmer haben die Ergebnisse der routinemäßig angewendeten Analysenverfahren angegeben. Zusätzlich wurden die Resultate von alternativ angewendeten Meßverfahren gemeldet. Für die statistische Auswertung wurden nur die Ergebnisse der Routinemethode herangezogen.

Die statistische Auswertung des Datenmaterials liefert die Kenngrößen „Wiederholbarkeit“ und „Vergleichbarkeit“, die die Beurteilung der Abweichung von Meßwerten verschiedener Laboratorien erlauben. Die Wiederholbarkeit ist ein Maß, innerhalb dessen man zwei einzelne Meßwerte, die von ein und derselben Meßstelle unter gleichen Bedingungen erzielt wurden, als gleichwertig ansehen kann. Die errechnete Vergleichbarkeit gibt an, um welchen

Wert sich die Ergebnisse zweier Meßstellen unterscheiden dürfen, um noch als „gleich“ betrachtet werden zu können.

Im o. g. Ringvergleich wurden für die Proben mit der Aktivität von ca. 3 Bq bzw. mit der Aktivität von ca. 200 Bq eine Wiederholbarkeit von 17 % bzw. 11 % erreicht. Demgegenüber ergaben sich für die Vergleichbarkeit unerwartet hohe Werte von 62 % bzw. 60 %. Dies ist ein deutliches Indiz dafür, daß viele Labore noch erhebliche Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Aktivität des Radionuklids C-14 haben. Im einzelnen wurden folgende Fehlerquellen diskutiert:

- Verwendung von handelsüblichen, aber nicht geeigneten gequenchten Standards zur Bestimmung der Zähl- ausbeute,
- Verwendung von veralteten oder ungeeigneten Szintillationscocktails,
- Nichtberücksichtigung der Chemolumineszenz,
- Zweiphasenbildung oder Überladung des Szintillationscocktails,
- Mangelhafte Qualitätskontrolle.

Eine Wiederholung des Ringvergleichs im Jahre 1999 ist geplant.

- [1] Gesewsky, P.; v. Helden, B.; Deller, A.,
1. Ringvergleich C-14, 1997; Interner BfS-Bericht ST 2 – 16/1998, Mai 1998.

Bestimmung von Cs-137 in Waldböden mit Hilfe der kollimierten In-situ-Gamma-spektrometrie

Ch. Brummer, A. Deller, C. Cronfeld

Die In-situ-Gammaspektrometrie ist heute eine Standard-Meßmethode zur schnellen und repräsentativen Aktivitätsbestimmung von Radionukliden in der Umwelt. Gegenüber der Gammaspektrometrie im Labor entfällt die zeit- und arbeitsaufwendige Probenentnahme und Probenvorbereitung. Die Leistungsfähigkeit bzw. Einsatzmöglichkeit von In-situ-Spektrometern

wird jedoch durch folgende Probleme eingeschränkt:

- Die mit Hilfe der In-situ-Spektrometrie bestimmte massen- oder flächenspezifische Aktivität eines Radionuklids im Boden hängt entscheidend davon ab, welches Modell für die Verteilung zugrunde gelegt wird. In vielen Fällen ist die tatsächliche Verteilung von Radionukliden im Boden jedoch nicht bekannt. Sie muß abgeschätzt oder durch aufwendige Verfahren bestimmt werden (z. B. Peak-to-Valley-Methode, Bodenprobenanalysen).
- Bei einer In-situ-Messung basiert die Auswertung im allgemeinen auf der Annahme einer ebenen, unendlich ausgedehnten Probe. In der Praxis sind derartige Meßflächen jedoch nur ausnahmsweise gegeben. In vielen Anwendungsfällen werden die Anforderungen an die Meßflächen hinsichtlich Ebenheit und Ausdehnung nicht einmal näherungsweise erreicht.

Kollimierte In-situ-Gammaspektrometrie

Die Methode der kollimierten In-situ-Gammaspektrometrie ist zur Lösung der o. g. Schwierigkeiten geeignet. Sie stellt eine schnelle Direktmeßmethode dar, bei der systematische Fehlerquellen der „klassischen“ In-situ-Spektrometrie weitgehend reduziert werden:

- Der erfaßte Bodenbereich beträgt – je nach Geometrie des Kollimators – mehrere Quadratmeter; diese Größe der Probenmenge gewährleistet eine ausreichende Mittelung über mögliche Inhomogenitäten der Aktivitätsverteilung,
- die mit der Kollimierung verbundene Verschlechterung der Nachweisgrenzen gegenüber der unkollimierten In-situ-Spektrometrie kann – falls notwendig – durch eine Erhöhung der Meßzeit problemlos kompensiert werden,
- als Meßorte eignen sich auch kleine, ebene Flächen; Abschirmungseffekte durch Bäume oder Gebäude bzw. Fremdbeiträge durch Wälle oder Hügel können vernachlässigt werden,

– Abweichungen der realen Verteilung der Radionuklide im Boden von den der Auswertung zugrunde gelegten Annahmen wirken sich bei der kollimierten In-situ-Spektrometrie deutlich geringer auf das Ergebnis aus als bei der unkollimierten In-situ-Spektrometrie. Dies hängt damit zusammen, daß bei der kollimierten Messung die Photonenflußbeiträge aus den äußeren Winkelbereichen, die sehr stark von der Verteilung der Radionuklide im Boden abhängen, keine Rolle spielen.

Messungen

Zur Verifikation von Messungen der Bodenkontamination in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe vom Hubschrauber aus wurden an fünf Meßpunkten (M1-M5) jeweils vier Messungen mit einem kollimierten In-situ-Spektrometer durchgeführt (Reinstgermaniumdetektor mit einer relativen Nachweiswahrscheinlichkeit von 38 Prozent, Bleikollimator mit einer Wandstärke von 4 cm, Meßzeit jeweils 1200 Sekunden). Der Detektor mit dem Kollimator war in einer Höhe von einem Meter über dem Boden angeordnet. Unter dieser Bedingung beträgt der Sichtbereich bei einer Cs-137-Oberflächenkontamination etwa 8 m². Alle Meßpunkte liegen in einem Waldgebiet. Die vier Einzelmessungen wurden jeweils im Abstand von zehn Metern durchgeführt. Zusätzlich wurde an einer weiteren Stelle mit lichterem Baumbestand in der Nähe des Meßpunktes M5 eine unkollimierte In-situ-Messung durchgeführt.

Darüber hinaus wurden an jedem der fünf Meßpunkte zwei Bodenproben mit einer Fläche von jeweils 89 cm² und einer Massenflächendichte von 30g/cm² entnommen und in Schichten von 150 g unterteilt. Für jeden der 5 Meßpunkte wurde – gemittelt aus den beiden Proben – die Cs-137-Aktivität pro Schicht gamma-spektrometrisch bestimmt und daraus die Relaxationsmassenflächendichte p/α ermittelt.

Ergebnisse

Die Verteilung des Radionuklids Cs-137 im Boden ist für alle 5 Meßpunkte in **Abbil-**

dung ST-12 dargestellt. In allen Fällen liegt das Maximum der Cs-137-Aktivität – auch 12 Jahre nach der Deposition – noch immer in der obersten Bodenschicht.

Die ermittelten flächenbezogenen Aktivitäten des Radionuklids Cs-137 sind in **Tabelle ST-19** dokumentiert. Die mit Hilfe der kollimierten In-situ-Spektrometrie ermittelten flächenbezogenen Aktivitäten stimmen mit den Ergebnissen der Bodenprobenanalysen gut überein. So ergibt

sich aus den Bodenproben ein Mittelwert von $(4,2 \pm 0,8)$ kBq/m² gegenüber dem Mittelwert der kollimierten In-situ-Messungen von $(4,0 \pm 0,6)$ kBq/m². Die Einzelergebnisse der kollimierten In-situ-Messungen zeigen gegenüber den Einzelwerten der Bodenprobenanalysen erwartungsgemäß eine deutlich geringere Streuung. Die am Meßpunkt M5 zusätzlich durchgeführte unkollimierte In-situ-Messung ergab eine flächenbezogene Cs-137-Aktivität von $(4,3 \pm 1, 2)$ kBq/m² und ist damit eben-

Meßpunkt	Relaxationsmassenflächendichte p/α in g/cm ²	Flächenbezogene Cs-137-Aktivität [kBq/m ²]		
		Bodenproben	Kollimierte In-situ-Spektrometrie (Einzelwerte)	Kollimierte In-situ-Spektrometrie (Mittelwerte)
M1	3,8 ± 0,3	5,2 ± 1,1	3,7 ± 0,7 3,0 ± 0,5 4,0 ± 0,7 2,8 ± 0,5	3,4 ± 0,5
M2	3,6 ± 1,3	4,4 ± 0,9	4,0 ± 0,8 4,1 ± 0,9 4,2 ± 0,9 4,1 ± 0,9	4,1 ± 0,7
M3	4,8 ± 1,9	3,3 ± 0,7	4,4 ± 1,0 4,6 ± 1,1 4,6 ± 1,1 4,9 ± 1,1	4,6 ± 0,9
M4	4,8 ± 0,6	4,3 ± 0,9	4,0 ± 0,7 4,5 ± 0,8 4,2 ± 0,8 4,0 ± 0,7	4,2 ± 0,6
M5	5,0 ± 1,9	4,0 ± 0,9	3,4 ± 0,8 4,1 ± 1,0 4,1 ± 1,0 4,0 ± 0,9	3,9 ± 0,8

Tabelle ST-19
Flächenbezogene Aktivitäten des Radionuklids Cs-137 in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe

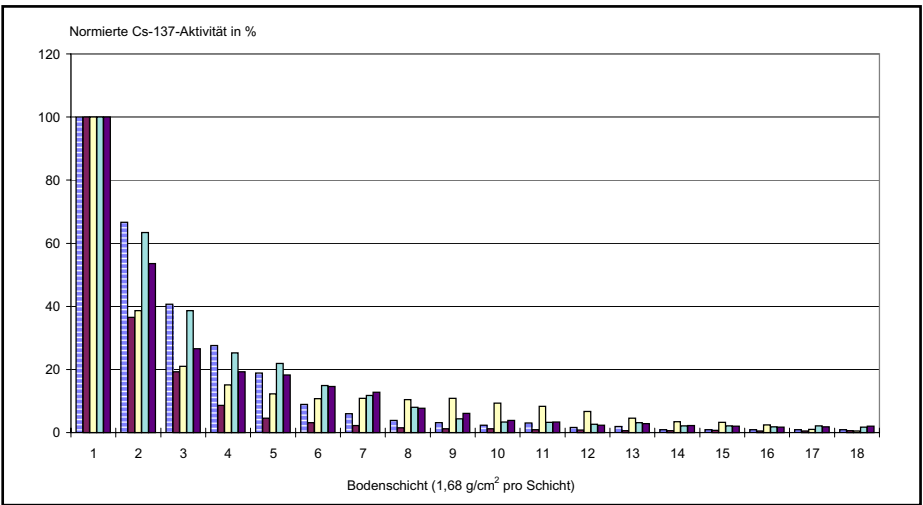


Abbildung ST-12
Tiefenverteilung des Radionuklids Cs-137 in fünf Waldbodenproben aus der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe

falls mit den Ergebnissen der kollimierten Messungen vergleichbar.

Bei der vorliegenden Verteilung im Boden ergab sich für das Radionuklid Cs-137 aufgrund der Kollimierung eine etwa um den Faktor 2,5 höhere Nachweisgrenze gegenüber der unkollimierten Messung. Demgegenüber reduziert sich die Unsicherheit, die aus der Unsicherheit der Relaxationsmassenflächendichte resultiert, durch die Kollimierung entscheidend. Am Meßpunkt M5 liegt sie mit etwa 15 Prozent beispielsweise um den Faktor 2 niedriger als bei der unkollimierten Messung.

Mit Hilfe der kollimierten In-situ-Spektrometrie können flächen- bzw. massenspezifische Aktivitäten im Boden somit auch dann schnell, sicher und repräsentativ ermittelt werden, wenn die Annahmen über die Verteilung der Radionuklide im Boden mit großen Unsicherheiten behaftet sind.

- [1] Brummer, Ch.
Hochauflösende In-situ-Gammaspektrometrie mit Kollimatoren. Jahresbericht des Bundesamtes für Strahlenschutz 1995, S. 216–218
- [1] Winkelmann, I.; Haimerl, W.; Wutz, J.
Nuklidspezifische Messungen der Ortsdosisleistung in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. ISH-Bericht 12. Dezember 1982

Erfassung und Auswertung der Meßdaten bei Strahlenmessungen aus Hubschraubern

CH. Hohmann

Die Bestimmung örtlich variierender Flächenaktivitäten von Radionukliden mit der Aerogammaspektrometrie setzt neben dem Einsatz flugtauglicher Detektoren und Meßelektronik die automatische und lückenlose Erfassung, Auswertung und Visualisierung der während des Fluges ermittelten Meßdaten voraus. Während die Hardwarekomponenten Detektor und Meßelektronik kommerziell erhältlich sind, mußte die zur Erfassung, Auswertung und Visualisierung der gammaspektrometrischen und kartographischen Daten erforderliche Software durch das BfS entwickelt werden.

Verarbeitung und Speicherung der Aerogammaspektrometrie-Meßdaten

Die gegenwärtig verwendete und vom Luftfahrtbundesamt zugelassene Hardware besteht aus folgenden Komponenten: PC kompatibler Rechner mit Intel 386, 25 MHz Taktfrequenz, 4 MByte RAM, SCSI Harddisk und MO, HPGe-Detektor an MCA-PC-Karte der Firma Target Typ ISA, NaI(Tl)-Detektoren an MCA-PC-Karte der Firma Target Typ TISA, 12 Bit ADC-Karte zur Digitalisierung der Radarhöhenmesserwerte, GPS-Satelliten-Navigationssystem mit serieller Datenausgabe.

Folgende Daten müssen verarbeitet werden:

- Datenübernahme vom GPS-System und Wandeln von WGS84- in Gauss-Krüger-Koordinaten,
- Abfragen der ADC-Karte und Umrechnen des Wertes in die entsprechende Höheneinheit,
- Stop der Datenacquisition, Übertragung des Spektrums, Addition zum Summenspektrum und Starten der Datenaufnahme nach Löschen des Spektrums für jedes Detektorsystem nach Überschreitung einer vorgegebenen Realtime,
- Aktualisieren der Bildschirmmaske,
- Abspeichern der Positionsdaten und ggf. auch der Spektren.

Die Programmierung erfolgte in der Programmiersprache Borland Pascal unter DOS, da hierdurch eine hardwarenahe Programmierung auf der Basis modularer Bibliotheken möglich war.

Für die zur Vielkanalmessung benutzten PC-Karten wurde eine Bibliothek geschrieben, die die Hardware über einen Interrupt Handler anspricht und den vollen Zugriff auf alle Funktionen der Karten erlaubt. Die Einstellung der Meßparameter erfolgt durch ein eigenständiges Programm, das die entsprechenden Daten für das Datenerfassungsprogramm hinterlegt. Ferner können in diesem Programm die Energiekalibrierung der Detektoren durchgeführt

werden sowie verschiedene Parameter zur Abspeicherung der Meßdaten eingegeben werden.

Für die ADC-Karte wurde ein Interface nach Applikationen des Herstellers entwickelt. Zur Ansteuerung der seriellen Schnittstelle konnte eine RS232 Funktionsbibliothek genutzt werden, die interruptgesteuert den GPS Datenstrom übernimmt und zwischenpuffert.

Für die Bildschirmansteuerung wurde ein Script entwickelt, das benutzerdefiniert die Darstellung folgender Meßgrößen in beliebiger Reihenfolge in maximal acht Fenstern zuläßt:

- abgelaufene Meßzeit, aktuelle Flughöhe und Koordinaten,
- den momentanen Wert der Hochspannung, die Lifetime der aktuellen Messung, sowie die Anzahl der abgespeicherten Messungen für alle installierten Spektrometrikarten,
- ein Spektrum oder auch nur einen Ausschnitt davon, das periodisch in einem vorgegebenen Zeitabstand aktualisiert wird,
- die Impulsrate einer frei wählbaren Spektrenregion in ihrem zeitlichen Ablauf,
- die empfangenen GPS-Daten als Gauss-Krüger-Koordinaten in XY-Darstellung.

Das Programm wurde bei mehreren Meßflügen des BfS und des Bundesgrenzschutzes erfolgreich getestet. Die zur Erkennung von Schreibfehlern bei der Speicherung der Daten eingeführten Prüfsummen sowie Blockmarken am Anfang jeder Datenstruktur zum Wiederaufsetzen haben sich bewährt. Programmerweiterungen setzen eine leistungsfähigere Hardware mit einem moderneren Betriebssystem und entsprechende Flugtauglichkeitsprüfungen des Luftfahrtbundesamtes voraus.

Vorort-Auswertung und Bearbeitung von Aerogammaspektrometrie-Meßdaten

Zur Schnellauswertung der Meßdaten Vorort wurde ein Programm entwickelt.

Da topographische Karten zumeist die Gauss-Krüger-Abbildung nutzen, wurden diese Koordinaten zur XY-Darstellung der Auswertungsergebnisse beider Detektorsysteme auf dem Bildschirm genutzt. Unter Zugrundelegung eines mit 24 MByte RAM ausgerüsteten Rechners und einer Meßzeit von ca. 0,5 s je Meßposition kann eine maximale Flugzeit von 90 Minuten bearbeitet werden. Der Programmablauf wurde wie folgt gestaltet:

- Einlesen aller GPS-Positionen und Interpolation fehlender oder ungenauer Werte (z. B. schlechter GPS Empfang),
- Umrechnung von WGS84- in Gauss-Krüger-Koordinaten,
- Berechnung der Flughöhe aus den Spannungs-Meßwerten des ADCs,
- Zuordnung der abgespeicherten Spektren zu den Meßpositionen,

Die Einzelspektren können nun mit folgenden Methoden ausgewertet werden:

- Auswertung der NaI-Spektren mit der Fenster-Methode indem die Impulsraten in maximal sechs voneinander unabhängigen Bereichen aufsummiert werden. Folgende Schritte der weiteren Auswertung sind möglich:
 - energieabhängige Höhenkorrektur der Impulsraten,
 - Korrektur der Streukomponente und des Anteils anderer Radionuklide in den einzelnen Meßfenstern durch „Stripping“,
 - Aktivitätsberechnung bei Berücksichtigung der anzuwendenden Kalibrierfaktoren und Emissionswahrscheinlichkeiten der auszuwertenden Radionuklide.
- Zur nuklidspezifischen Analyse der Ge-Spektren können ein oder mehrere aufeinanderfolgende Spektren summiert und über eine wählbare Anzahl von Kanälen geglättet einer In-situ-Auswertung übergeben werden. Nach Peak-suche und -identifikation wird der entsprechende Kalibrierfaktor in Abhängigkeit von der Detektorresponse, der über alle Einzelwerte gemittelten Flughöhe, der gewählten Relaxationslänge und Bodendichte bestimmt. Interferenzen werden durch Lösung des linearen Gleichungssystems korrigiert. Die

nuklidspezifische Aktivität wird über die gewichteten Einzelzählraten der dem Nuklid zugeordneten Peaks berechnet.

Die erhaltenen Einzelergebnisse des Fluges werden am Bildschirm dargestellt und können nun weiter bearbeitet werden. Das Programm bestimmt dafür den Maßstab der Koordinaten, sowie die Skalierung der Meßparameter automatisch. Im einzelnen können:

- die Darstellung vergrößert und verschoben,
- einzelne Positionen mit dem Cursor angefahren, die Meßwerte abgelesen und der zeitliche Verlauf der Meßwerte dargestellt,
- die Meßwerte sowie die Koordinaten in einen ASCII-File zur weiteren Bearbeitung in andere Programme geschrieben und
- die momentane Bildschirmdarstellung in Schwarz-Weiß oder Farbe auf einem Postscript-Drucker ausgegeben werden.

Umsetzung der Formatanforderungen für die Übermittlung von Inkorporationsfeststellungen

J. Brose, R. Scheler, K. Dettmann

Die Strahlenschutzverordnung [1] verfügt im § 63a die Eintragung der durch die bestimmten Meßstellen ermittelten Inkorporationsfeststellungen in das Strahlenschutzregister des BfS.

Für die Übermittlung (Lieferung) der Personendaten und der Meß- sowie der aus ihnen abgeleiteten Dosiswerte wurde auf der Grundlage der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen [2] und der Richtlinie über Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen [3] eine für alle Meßstellen verbindliche Formatanforderung (INKFORM) [4] erarbeitet. Hierin sind sowohl die inhaltliche Zusammenstellung der Daten in mehreren Dateien, als auch Feldlängen, Feldarten, Steuerzeichen, Dateinamen usw. festgelegt. Eine Inkorporationsmeldung besteht obligatorisch aus den Überwachungsinformationen, den

Angaben zum Betrieb und den Angaben zu den Aufsichtsbehörden. Darüber hinaus können optional Meßinformationen sowie Verfahrensinformationen übermittelt werden.

Ziele bei der Umsetzung der Formatanforderung durch die Meßstelle

Die Möglichkeiten zur Umsetzung der Formatanforderung in den Meßstellen sollten durch eine Pilotstudie, in die das Fachgebiet ST 3.2 eingebunden war, getestet werden. Schwerpunkte der Studie waren:

- Datentechnische Umsetzung der Formatanforderung einschließlich der Übertragung der Inkorporationsmeldungen an das Strahlenschutzregister,
- Prüfung der Güte der Übertragung.

Daraus leitete sich für das Fachgebiet ST 3.2 die Aufgabe ab, die z. Z. laufende Portierung der Inkorporationsdatenbank des Fachgebietes ST 3.2 auf eine moderne Softwarebasis mit der Umstellung der Datenstruktur gemäß der Formatanforderung zu koppeln. Im gleichen Zuge sollte auch die automatische Generierung der an das Strahlenschutzregister zu sendenden Dateien realisiert werden, wobei vorgesehen ist, sowohl die obligatorischen als auch die optionalen Informationen zu den Inkorporationsmeldungen zu übertragen. Ferner soll in Absprache mit dem Strahlenschutzregister geprüft werden, ob eine Übertragung der Lieferdateien, abweichend von den Vorgaben der Formatanforderung, per Email möglich ist.

Technische Realisierung

Als Datenbankprogramm kommt MS ACCESS zum Einsatz, daß durch seine grafische Oberfläche die Möglichkeit einer sinnfälligen und einfachen Benutzerführung bietet. Tabellenauszüge zur zusammenfassenden Darstellung bzw. Sichtung von Daten können durch problemorientiert gestaltbare Abfragen erzeugt werden. Darüber hinaus gestattet das Programm mit Hilfe seiner integrierten Programmiersprache ACCESS BASIC auch sehr komplexe Datenmanipulationen programmieren zu können.

ACCESS verfügt über Im- und Exportfilter und erlaubt somit die problemlose Transformation der Dbase-Dateien der 'alten' Inkorporationsdatenbank in ACCESS-Tabellen. Sämtliche Daten der ACCESS-Inkorporationsdatenbank werden in 5 Basistabellen gehalten, die prinzipiell wie die o.g. Sendedateien der Inkorporationsmeldungen aufgebaut sind. Es handelt sich dabei um Personendaten, Tätigkeitsmerkmale, Probenbeschreibungen, Aktivitätsmeßwerte, Dosiswerte, Informationen zu den Meß- und Auswerteverfahren, Angaben zu Betrieben und Aufsichtsbehörden usw.

Durch ein Statusbit im Datensatz können noch zu übertragende Datensätze von bereits gesendeten unterschieden und automatisch in Liefertabellen zusammengestellt werden. Nach der Erzeugung der Liefertabellen besteht die Möglichkeit, Korrekturen an deren Umfang vorzunehmen und beispielsweise Datensätze für eine spätere Übertragung zurückzustellen. Der vorletzte Schritt vor dem eigentlichen Senden der Lieferdateien per Email ist der Export der vorbereiteten Tabellen in Dateien des INKFORM-gemäßen Formats (ASCII-Zeichen, vorgegebene Feld- und Satztrennzeichen) und das Rücksetzen des Statusbits der zu sendenden Datensätze in den Basistabellen. Abschließend werden für die Kennzeichnung der Sendedateien laut Formatanforderung den jeweiligen 6-stelligen Dateinamen je eine 3-stellige Extension, die eine für alle Dateien einer Lieferung einheitliche Nummer enthält, beigelegt. Diese Nummer wird von Lieferung zu Lieferung inkrementiert und soll bei eventuellen Übertragungsfehlern die Zuordnung von Dateien erleichtern.

Dieser letzte Vorgang als Teil des Prozesses der automatischen Generierung der Sendedateien wird derzeit in das Gesamtprogramm implementiert.

Ergebnisse

Die von ST 3.2 an das Strahlenschutzregister gesendeten Testdaten sind sowohl korrekt in die Sendedateien eingefügt als auch fehlerfrei übertragen worden, womit sich die programmtechnische Umsetzung der Formatanforderung bewährt hat und

im wesentlichen als abgeschlossen betrachtet werden kann.

Ein umfassender Test der automatischen Erzeugung der Sendedateien steht noch aus.

- [1] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung-StrlSchV) vom 13. Oktober 1976 in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. Juni 1989 BGBl. I S.1321, S. 1926 zuletzt geändert durch Vierte Änderungsverordnung vom 18. August 1997. BGBl. I S. 2113
- [2] Richtlinie für die Physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen GMBI 45 (1994), Nr. 7, S. 285
- [3] Richtlinie über Anforderungen an Inkorporationsmeßstellen GMBI 47 (1996), Nr. 46, S. 996
- [4] Formatanforderung für die Übermittlung von Inkorporationsfeststellungen auf Datenträgern INKFORM 1.3 BfS, 4. Juli 1997

Feststellung von Eu-152 Inkorporationen durch Ganzkörperzählermessungen

R. Scheler, K.Dettmann, J.Brose

Inkorporationsmessungen an ausgewählten Personen aus Kernkraftwerken im Ganzkörperzähler des BfS Berlin sind Teil eines bereits in den siebziger Jahren eingeführten zweistufigen Überwachungsprogramms, dessen erste Stufe aus einem in der Regel monatlichen bzw. dreimonatlichen Screening der infragekommenden Beschäftigten mit einfacher NaI(Tl)-Meßtechnik auf Überschreitung autorisierter Schwellenwerte besteht. In einer zweiten Stufe werden die Inkorporationen der durch Schwellenwertüberschreitungen auffälligen bzw. der definitiv für Kontrollzwecke ausgewählten Personen mit einer höherwertigen Analysetechnik abgeklärt.

Sehr ähnlich sind die Überwachungskonzepte des Technischen Vereins der Großkraftwerksbetreiber e. V. (VGB) und des

Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen konzipiert, die für den Normalbetrieb von Kernkraftwerken nur in Fällen des besonderen Anlasses und zur Gewinnung zusätzlicher Daten die Inanspruchnahme höherwertiger Meßstellen nach § 63 (6) StrlSchV vorsehen.

Letztere Zielstellung und der Ausfall der betrieblichen Inkorporationsmeßtechnik war 1997 Anlaß für die zuständige Behörde, Tätigkeiten im Rahmen der Stilllegung und des Abbaus von Kernkraftwerksanlagen durch Ganzkörperzählermessungen im BfS an einer ausgewählten Personengruppe überwachen zu lassen.

Durch diese Messungen wurden in der Regel geringfügige und dosimetrisch unbedeutende Co-60 Körperaktivitäten im Bereich der Nachweisgrenze des Meßverfahrens (ca. 40 Bq) identifiziert. Bei zwei Kontrollpersonen wurden zusätzlich Eu-152 Inkorporationen festgestellt. Im Energiespektrum war auch ein quantitativ nicht auswertbarer geringfügiger Anteil Eu-154 erkennbar. Die Interpretation der Meßwerte nach dem einfachen Referenzverfahren gemäß Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle [1] war nicht anwendbar, da diese nicht unter den Bedingungen einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung gewonnen wurden und der Inkorporationszeitpunkt nicht entsprechend eingegrenzt werden konnte.

Fallabklärung:

Da eine akute und isolierte Aktivitätszufuhr der Europium-Radionuklide als Folge der gegenwärtigen Tätigkeiten mit großer Sicherheit ausgeschlossen werden konnte, mußten die Ursachen des Inkorporationsfalles abgeklärt und insbesondere zur dosimetrischen Bewertung der Meßwerte Zusatzinformationen beschafft werden.

Die Prüfung von Aufzeichnungen über frühere Tätigkeiten und Meßergebnisse der Inkorporationsüberwachung führte zu dem Ergebnis, daß sehr wahrscheinlich als Ursache der festgestellten Eu-152 Inkorporationen die in den achtziger Jahren ausgeführten Untersuchungen zum Einsatz von Europium und Dysprosium als Absorbermaterialien in Brennstoffkassetten

für Reaktoren vom Typ WWER 1000 infrage kam. Diese Annahme war deshalb wahrscheinlich, weil während des begrenzten Zeitraumes dieser Untersuchungen isolierte Europium-Inkorporationen festgestellt wurden und auch heute neben der Eu-152 Körperaktivität keine weiteren typischen KKW-Radionuklide gefunden wurden.

Da eine der beiden Personen zu den Beschäftigten gehörte, bei denen in den achtziger Jahren mehrfach Eu-152/Eu-154 Aktivitätszufuhren ermittelt wurden, konnte über den Vergleich aller Aktivitätsmeßwerte mit Funktionswerten der Retention für Eu-152 geprüft werden, ob die erneut festgestellte Eu-152 Körperaktivität noch aus den damaligen Aktivitätszufuhren stammt. Die quantitativ sehr unsicheren Eu-154 Meßwerte lassen einen solchen Vergleich nicht zu. Für die Prüfung standen die tabellierten Funktionswerte der Richtlinie für die Ermittlung der inneren Strahlenexposition (Berechnungsgrundlage) [2] zur Verfügung. In diesen Werten ist das neue Atemtraktmodell nach ICRP 66 noch nicht berücksichtigt; da der Wertevergleich in der Hauptsache aber nur die Retention der Körperdepots mit langer effektiver Halbwertszeit betraf, ist das von untergeordneter Bedeutung.

Durch geeignete Wahl der Inkorporationszeitpunkte konnte ein zeitlicher Verlauf der Eu-152 Körperaktivität mit den Funktionswerten der Retention modelliert werden (Erwartungswerte), bei dem sowohl in der Frühphase der Aktivitätszufuhr als auch im angenommenen zufuhrfreien Zeitintervall alle Aktivitätsmeßwerte mit den Erwartungswerten innerhalb der Genauigkeit des Meßverfahrens gut übereinstimmen (**Abbildung ST-13**). Für die Modellierung wurde angenommen, daß das Europium über den Weg Inhalation in den Körper gelangt ist und dem Absorptionstyp M (Retentionsklasse W) mit einem AMAD = $1\mu\text{m}$ zugeordnet werden kann.

Aus der Übereinstimmung der Erwartungs- und Meßwerte können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

- Die ermittelten Eu-152 Körperaktivitäten sind tatsächlich eine Folge der Aktivitätszufuhren in den achtziger Jahren.

- Für die dosimetrische Interpretation können die stoffkinetischen Referenzdaten für Europium verwendet werden.

Dosimetrische Bewertung der Meßergebnisse:

Der modellierte zeitliche Verlauf der Eu-152 Körperaktivität berücksichtigt drei akute Aktivitätszufuhren in den achtziger Jahren, deren Zeitpunkte entweder einige Tage (ersten beide Zufuhren) bzw. etwa ein Jahr (letzte Zufuhr) vor den Messungen lagen. Da die Zeitdifferenz zwischen der Aktivitätszufuhr und der Aktivitätsmessung bei der Modellierung frei wählbar ist, wären prinzipiell auch andere Annahmen zu den Inkorporationszeitpunkten möglich. Zum Beispiel könnte in Anlehnung an das Referenzverfahren gemäß Berechnungsgrundlage der Inkorporationszeitpunkt stets in die Mitte zwischen zwei aufeinanderfolgenden Überwachungsmessungen gelegt werden. Unter dieser Annahme konnte aber nur durch Verwerfen von mindestens einem Meßwert als Ausreißer ein vernünftiger zeitlicher Verlauf der Eu-152 Körperaktivität modelliert werden.

tiger zeitlicher Verlauf der Eu-152 Körperaktivität modelliert werden.

Je nach Wahl der Inkorporationszeitpunkte, ob angepaßt oder in der Mitte des Überwachungsintervalles liegend, ergaben sich nach den Verfahren gemäß Berechnungsgrundlage für die Jahre zwischen 1984 und 1986 Eu-152 Aktivitätszufuhren von insgesamt etwa 33100 Bq bzw. 36100 Bq. Auf das Ergebnis der dosimetrischen Interpretation der Meßdaten haben die unterschiedlich angesetzten Zufuhrzeitpunkte keine gravierenden Auswirkungen, da die Dosis im wesentlichen durch die Retention in den Kompartimenten mit langer effektiver Halbwertszeit von etwa 3500 Tagen (Leber und Knochen) entsteht.

Unter Verwendung der in der Berechnungsgrundlage angegebenen Dosis-Zufuhr Konversionskoeffizienten für Eu-152 entsprechen diese Eu-152 Aktivitätszufuhren effektiven Dosen von 2,0 mSv bzw. 2,2 mSv resp. 11,6 mSv bzw. 12,6 mSv für das Organ Leber.

Diese Werte würden sich etwa um 70 % durch den Dosisanteil des quantitativ nicht auswertbaren Eu-154 erhöhen, wenn das

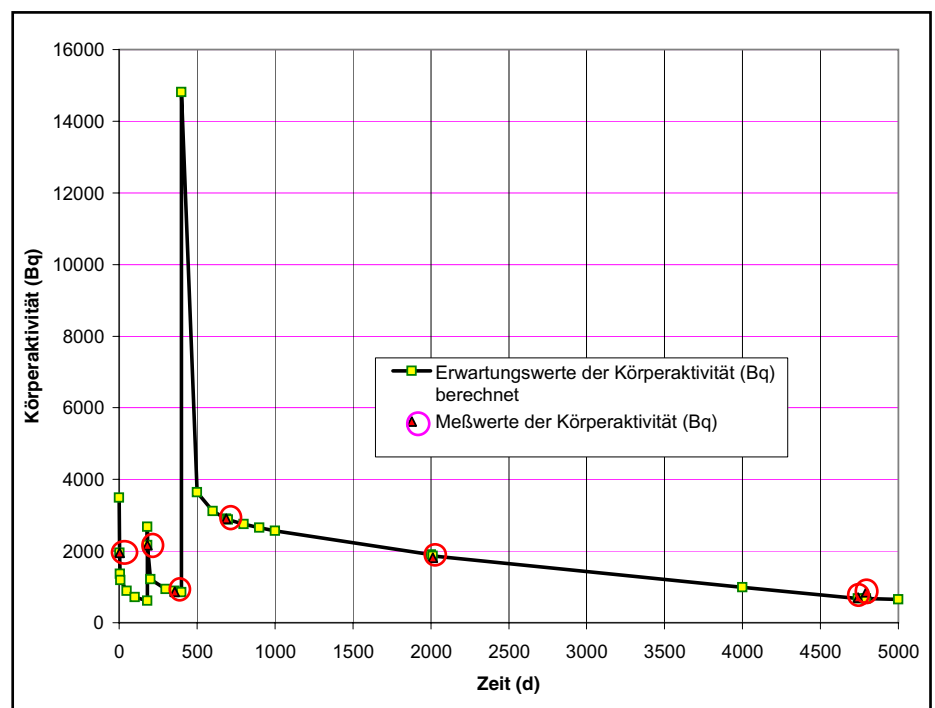


Abbildung ST-13

Modellierung des zeitlichen Verlaufs auf der Basis von Eu-152-Meßwerten

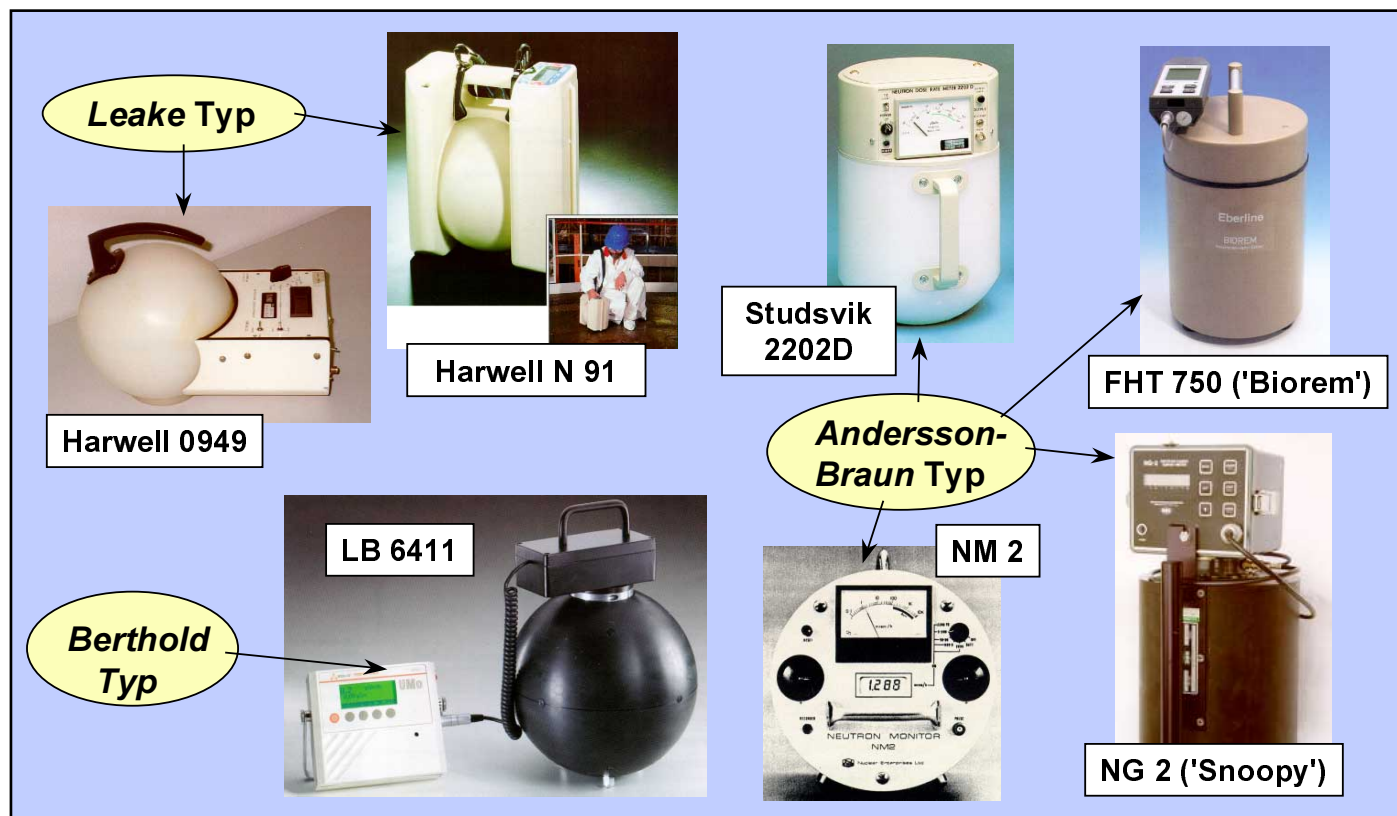


Abbildung ST-14
Neutronen-Ortsdosimeter

Aktivitätsverhältnis für Eu-152/Eu-154 von 1,75:1 des heute verwendeten Radionuklidvektors auf die Zufuhrwerte der achtziger Jahre übertragen werden könnte.

- [1] Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen vom 20. Dezember 1993, (§§ 62, 63, 63a StrlSchV; §§ 35, 35a RöV)
Gemeinsames Ministerialblatt 45. Jahrgang Nr. 7 vom 2. März 1994 Seite 285
- [2] Richtlinie für die Ermittlung der Körperdosen bei innerer Strahlenexposition gemäß §§ 63 und 63a der Strahlenschutzverordnung (Berechnungsgrundlage) vom 13. März 1997, Bundesanzeiger 49. Jahrgang Nr. 122a vom 5. Juli 1997

Eignung von Neutronen-Dosisleistungsmeßgeräten für Strahlungsmessungen an CASTOR-Behältern

A. Rimpler

Das Kunstwort CASTOR (**C**ask for **S**torage and **T**ransport Of **R**adioactive Material) wird inzwischen meist als Synonym für alle Behälter verwendet, die dem Transport und der Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und von HAW-Glaskokillen (HAW: **H**igh **A**ctive **W**aste) aus der Wiederaufarbeitung dienen. Neben Behältern des deutschen CASTOR-Typs werden auch solche britischer und französischer Baureihen eingesetzt. Zur Kontrolle der Einhaltung der Grenzwerte für die Dosisleistung entsprechend

den verkehrsrechtlichen Vorschriften und den Genehmigungen der Zwischenlager Ahaus und Gorleben sind transportbegleitend umfangreiche Messungen durchzuführen. Die zu begrenzende Gesamtdosisleistung besteht aus einem Photonen-(Gamma-Strahlungs-) und einem Neutronenanteil. Während die Messung der Gamma-Komponente relativ unproblematisch ist, bedürfen Meßergebnisse der Neutronen-Dosisleistung in der Regel einer besonders sorgfältigen Auswertung.

Die Ermittlung der Äquivalentdosisleistung von Neutronen erfolgt mit sogenannten Moderatorgeräten. Diese enthalten einen für thermische Neutronen empfindlichen Detektor, in der Regel ein mit He-3 oder BF₃ gefülltes Proportionalzählrohr. Zur Messung müssen die schnellen Neutronen auf thermische Energien abgebremst (moderiert) werden. Zu diesem Zweck ist

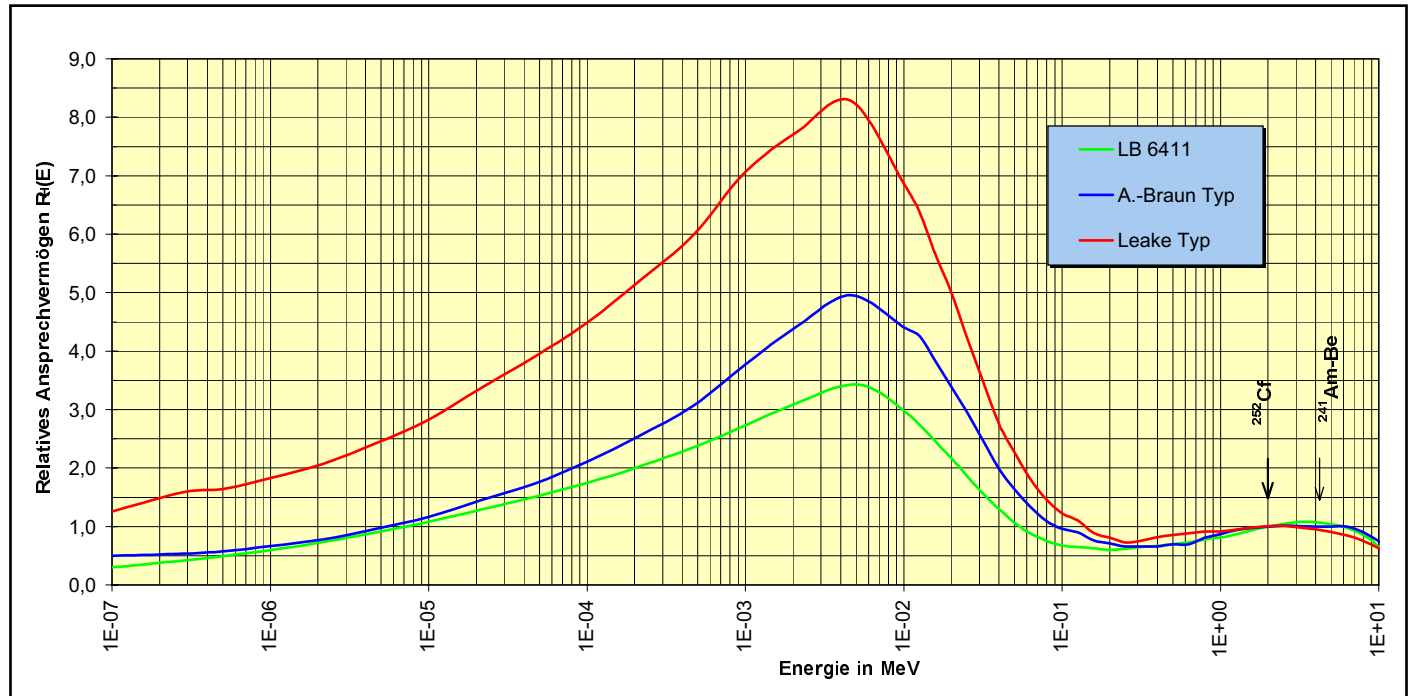


Abbildung ST-15

Umgebungsäquivalentdosis-Ansprechvermögen von Neutronen-Ortsdosimetern normiert auf 2 MeV

der Detektor in einem zylinder- oder kugelförmigen Moderator aus Polyethylen angebracht, der meist zusätzlich noch einen Neutronenabsorber enthält. Dadurch wird versucht, die Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens der Neutronen Ortsdosimeter zu optimieren und an den gewünschten Verlauf anzupassen. In Abhängigkeit von bestimmten konstruktiven Details können Dosisleistungsmeßgeräte für Neutronenstrahlung verschiedenen Typklassen zugeordnet werden. **Abbildung ST-14** zeigt die gebräuchlichsten kommerziellen Geräte.

Aus **Abbildung ST-15** wird deutlich, daß eine Energieunabhängigkeit des Ansprechvermögens nur teilweise und nicht im gesamten Energiebereich gelingt. Hier ist das Dosisansprechvermögen $R_H(E)$ bezüglich der Meßgröße Umgebungsäquivalentdosis $H^*(10)$ als Funktion der Neutronenenergie für die drei Typklassen dargestellt. Die Kalibrierung von Neutronen Ortsdosimetern erfolgt in der Praxis an $Cf-252$ oder $Am-241/Be$ Neutronenquellen. Deren Spektralverteilung besitzt mittlere Energien von 2,1 MeV bzw. 4,5 MeV. Dem wurde durch die Normierung der Kurven auf 2 MeV Rechnung getragen. Es ist

offensichtlich, daß das Ansprechvermögen über einen weiten Bereich variiert. Selbst im günstigsten Fall (LB 6411) kann für Energien im Bereich zwischen 50 keV und 2 MeV die Ortsdosis um bis zu 40 % unterschätzt werden, andererseits ist bei etwa 5 keV eine Dosisüberbewertung um mehr als das Dreifache möglich. Da jedoch an Arbeitsplätzen keine monoenergetischen Neutronenfelder sondern kontinuierliche Spektren auftreten und sich folglich Unter- und Überbewertungen teilweise kompensieren, sind solche Extremwerte nicht zu erwarten. Jedoch ist bei Messungen in Neutronenfeldern, deren Spektralverteilung deutlich von denen der Kalibrierfelder abweicht, mit Meßabweichungen zu rechnen, die u. U. nicht vernachlässigt werden können. Dies ist vor allem von Bedeutung, wenn es sich um rechtserhebliche Messungen handelt, wie z. B. bei CASTOR-Transporten.

Im Zusammenhang mit den Transporten in die deutschen Zwischenlager wurden umfangreiche Meßprogramme an CASTOR-Behältern durchgeführt. Ausgewählte Ergebnisse waren bereits Gegenstand früherer Jahresberichte, darunter auch Erfahrungen und Resultate von ortsdosi-

metrischen Messungen an einem CASTOR IIa [1]. Diese Untersuchungen wurden durch Meßreihen an drei weiteren Behältertypen ergänzt, deren Ergebnisse in **Tabelle ST-20** zusammengefaßt sind.

Zunächst muß darauf hingewiesen werden, daß die eingesetzten Geräte seitens der Hersteller für verschiedene Meßgrößen, die 'Maximale Äquivalentdosis' H_{Made} nach [2] bzw. die 'Umgebungsäquivalentdosis' $H^*(10)$ nach [3] kalibriert sind. Das hat in erster Linie historische Gründe. In den o. g. Kalibrierstrahlungsfeldern sind die Unterschiede zwischen diesen beiden Dosiswerten relativ gering, sie betragen nur 5 % bzw. 14 % [4]. Anders ist es in den typischen Neutronenfeldern an CASTOR-Behältern, wo der Wert für die zukünftig verbindliche Meßgröße $H^*(10)$ um etwa 50 % über dem für die Größe H_{Made} liegt. Bei den in **Tabelle ST-20** angegebenen Resultaten wurde dieser Sachverhalt berücksichtigt. Die Werte der relativen Dosisanzeige stellen den Quotienten aus der Dosisanzeige des jeweiligen Meßgerätes und einem Referenzwert für die entsprechende Meßgröße dar. Letzterer wurde aus den am selben Meßpunkt (MP) ermittelten Neutronenspektrum bestimmt.

				Castor IIa (5-7 MP)	Castor V19 (3 MP)	TS 28V (2-4 MP)	HAW 20/28 (3-5 MP)	Alle
Gerätetyp		Meßgröße	Kalibrier- quelle	Mittlere relative Dosisanzeige ± maximale Abweichung				
Berthold	LB 6411-1	H*(10)	Am-241-Be	0,88 + 11 % ... - 5 %	0,94 + 7 % ... - 5 %	0,95 + 1 % ... - 1 %	0,90 + 5 % ... - 6 %	0,92
	LB 6411-2	H*(10)	Cf-252			0,95 0 %	0,87 + 1 % ... - 1 %	0,91
Andersson- Braun	FHT 750	H*(10)	Cf-252		1,06 + 20 % ... - 13 %		0,90 + 7 % ... - 18 %	0,98
	NM 2	H _{made}	Am-241-Be	1,14 + 18 % ... - 10 %		1,27 +27 % ... - 15 %	1,23 + 7 % ... - 3 %	1,21
	NG 2	H _{made}	Am-241-Be	1,37 + 16 % ... - 11 %	1,43 + 9 % ... - 9 %	1,41 + 20 % ... - 12 %	1,26 +13 % ... - 5 %	1,37
	Alnor 2202D-1	H _{made}	Am-241-Be		1,23 + 16 % ... - 9 %			
	Alnor 2202D-2	H _{made}	Am-241-Be		1,31 + 23 % ... - 15 %			
Leake	Harwell N 91	H _{made}	Am-241-Be	2,21 + 23 % ... - 12 %	2,05 + 8 % ... - 10 %	1,84 + 4 % ... - 5 %	1,84 + 11 % ... - 17 %	1,99
	Harwell 0949	H _{made}	Am-241-Be	2,58 + 17 % ... - 13 %		2,32 + 27 % ... - 17 %	2,31 + 6 % ... - 6 %	2,41

Tabelle ST-20

Äquivalentdosisansprechvermögen von Neutronen-Ortsdosimetern an verschiedenen Transportbehältern

Die Ergebnisse zeigen deutliche gerätetypspezifische Unterschiede, nahezu unabhängig vom Behältertyp. Die relative Anzeige von Dosimetern des Leake-Typs ergibt in den meisten Fällen einen Faktor zwei und mehr, d.h. die Dosisleistung wird um ca. 100 % zu hoch bewertet. Bei Neutronendosimetern des Typs Andersson-Braun – ausgenommen das FHT 750 – liegt die Überschätzung im Bereich von etwa 20 % bis 40 %, was ggf. als Sicherheitsmarge bewußt in Kauf genommen werden könnte. Beim FHT 750 entspricht die relative Anzeige nahe dem Idealwert 1. Das hat weniger konstruktive Gründe, sondern ist vielmehr ein Ergebnis der gegenüber anderen Geräten des Andersson-Braun Typs geänderten Kalibrierung. Bei den beiden Ortsdosimetern des Typs LB 6411 wurde eine durchschnittliche Unterbewertung um etwa 10 % mit vergleichsweise geringer Variation für die verschiedenen Meßorte und Behälter gefunden. – Im Bedarfsfall können die erhaltenen Mittelwerte für alle untersuchten Behälter (letzte Spalte in **Tabelle ST-20**) bei Messungen an Transportbehältern als Korrekturfaktoren verwendet werden. Vor der Durchführung rechtserheblicher Messungen ist die Kalibrierung der Neutronendosimeter – etwa bei der PTB – zu empfehlen.

Bei der Gesamteinschätzung der Eignung einzelner Geräte für die Meßaufgabe sind neben den Problemen des spektralen

Ansprechvermögens auch praktische Aspekte, wie Bedienfreundlichkeit, Zuverlässigkeit, Handhabung u. a. zu berücksichtigen. Ein wesentliches Kriterium ist das – verglichen mit Ortsdosimetern für Photonenstrahlung – bedeutend größere Gewicht von Neutronendosimetern. Dieses reicht von etwa 6,5 kg für Geräte des Leake-Typs über 8 kg für das LB 6411 bis 12,5 kg für das NG 2.

Auch die Qualität des der Meßwertanzeige dienenden Geräteteiles weist große typabhängige Unterschiede auf. Manche Geräte sind seit mehr als 30 Jahren nahezu unverändert auf dem Markt und entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik, vor allem dann, wenn sie ausschließlich eine Analoganzeige besitzen. Bei Messungen in Strahlungsfeldern mit geringer Neutronen-Dosisleistung (um 1 μ Sv/h) ist die Option einer integrierenden Dosis- oder Dosisleistungsmessung von Vorteil. Der so erhaltene Wert der Dosisleistung besitzt in der Regel eine höhere Genauigkeit, als ein direkt abgelesener Momentanwert. Das Dosimeter vom Typ LB 6411 zeigt zudem die statistische Meßunsicherheit direkt an. Unter Berücksichtigung aller dosimetrischen Parameter und der praktischen Erfahrungen hat sich dieses Gerät als am geeignetsten erwiesen.

- [1] Rimpler, A.
Neutronenspektren und Dosisleistungen an Transportbehälter Castor II a, BfS-Jahresbericht 1995, S. 205–207

- [2] ICRP Publication 21, Data for Protection against Ionizing Radiation from External Sources, Pergamon Press, Oxford, 1971
- [3] ICRP Publication 60, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Annals of the ICRP Vol. 21, No. 1–3, Pergamon Press, Oxford, 1991
- [4] W. G. Alberts u. a.,
Neue Dosismeßgrößen im Strahlenschutz, Bericht PTB-Dos-23, Braunschweig, 1994

Analyse der besonderen Vorkommnisse beim Umgang und der Beförderung radioaktiver Stoffe und beim Betrieb von Beschleunigern in Deutschland von 1991 bis 1997

I. Barth, R. Czarwinski

Von den zuständigen Aufsichtsbehörden der Länder wurden in den Jahren 1991 bis 1997 an das BMU 491 besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen gemeldet. Im nichtmedizinischen Bereich der Anwendung radioaktiver Stoffe traten 40 % der Ereignisse und im medizinischen Bereich 22 % auf. 38 % waren Ereignisse in der Öffentlichkeit

Fachbereich Strahlenschutz

Wissenschaftliche Kurzberichte

Anwendungsgebiet	Anzahl pro Anwendungsgebiet	Ursachen		
		Technisch	Menschlich	Diebstahl
Offene radioaktive Stoffe	25	11	13	1
Gammabestrahlungseinrichtungen	24	22	2	0
Fernbediente Applikationseinrichtungen	24	17	7	0
Strahler	19	3	16	0
Beschleuniger	15	6	9	0
Gesamt	107	59	47	1

Tabelle ST-21

Anzahl und Ursachen der besonderen Vorkommnisse in den Anwendungsgebieten im medizinischen Bereich 1991 – 1997

Anwendungsgebiet	Anzahl pro Anwendungsgebiet	Ursachen			
		Technisch	Menschlich	Brand	Diebstahl
Strahler	59	21	19	3	16
Offene radioaktive Stoffe	51	22	25	2	2
Radiometrie	41	14	19	6	2
Gammadiagnostik	26	6	19	0	1
Gaschromatographie	5	0	4	0	1
H-3-Gaslichtquellen	4	4	0	0	0
Bergung von Brunnenquellen	4	2	2	0	0
Beschleuniger	3	1	2	0	0
Gammabestrahlung	1	0	1	0	0
Gesamt	194	70	91	11	22

Tabelle ST-22

Anzahl und Ursachen der besonderen Vorkommnisse in den Anwendungsgebieten im nichtmedizinischen Bereich 1991 – 1997

(vorwiegend der Fund von radioaktiven Stoffen und Ereignisse bei der Beförderung). Die in der Öffentlichkeit gefundenen radioaktiven Stoffe hatten bis auf wenige Ausnahmen nur niedrige Aktivitäten. Gravierend war der Fund eines Cs-137-Strahlers mit einer Aktivität von ca. 20 GBq auf einem Schrottplatz. Gezielte Untersuchungen durch die zuständigen Behörden und das BMU ergaben, daß keine erhöhten Expositionen von Personen, soweit nachvollziehbar, stattgefunden haben. Die Ereignisse, die bei der Beförderung radioaktiver Stoffe auftraten, in der Mehrzahl Verkehrsunfälle, hatten keine radiologischen Auswirkungen auf die Bevölkerung oder die Umwelt.

Obwohl die Primärursachen, die zu den besonderen Vorkommnissen geführt haben, sehr vielfältig sein können, läßt sich eine Einteilung in zwei Kategorien vornehmen: technisches Versagen und menschliches Fehlverhalten. Bei der Analyse der einzelnen Ereignisse wurde jedoch festgestellt, daß nicht immer eine eindeutige Zuordnung zu nur einer dieser Kategorien möglich ist. In manchen Fällen kann die Primärursache erst wesentlich später festgestellt werden. Das Ergebnis der Zuordnung der registrierten besonderen Vorkomm-

nisse zu diesen Kategorien ist aus den **Tabellen ST-21** und **ST-22** für die Anwendungsgebiete im medizinischen und nichtmedizinischen Bereich zu entnehmen. Die auf menschliches Fehlverhalten zurückzuführenden Vorkommnisse beruhen hauptsächlich auf der Nichtbeachtung von Strahlenschutzanweisungen und Bedienungsvorschriften, unterlassene Kontrollen, unkorrekte Handlungs- und Verhaltensweisen, Fehlhandlungen, Fehleinschätzungen sowie mangelndes Verantwortungsbewußtsein. Hingegen waren Konstruktions- und Materialfehler, Verschleiß, Abnutzung, Störungen in elektrischen oder elektronischen Steuer- und Sicherheitskreisen sowie Fehler in der Software die Hauptursachen für die technisch bedingten Vorkommnisse.

Menschliche Fehlhandlungen führten in der Medizin in 17 Fällen zum Verlust von radioaktiven Stoffen. In 10 der 17 Fälle wurden Strahler bzw. radioaktive Abfälle versehentlich in den nichtradioaktiven Krankenhausmüll gegeben. In einer nuklearmedizinischen Einrichtung wurde ein Aktivitätsnormal gestohlen. In 3 Fällen wurden Ra-226-Strahler aus früherer Anwendung gefunden. Unsachgemäßer Umgang mit Strahlern und offenen radioaktiven Stoffen führte in der konventionel-

len Strahlentherapie, an einer Afterloadingeinrichtung und in der Nuklearmedizin zu Kontaminationen und in einem Fall zur Inkorporation von Radionukliden. Verschmutzungen an Teilen, durch mangelnde Sorgfalt hervorgerufene Verformungen eines Applikators und im Applikator verbliebene Metallstifte verursachten an Afterloadingeinrichtungen Störungen des ferngesteuerten Transports der Strahler im Ausfahrtschlauch. Einige Patienten wurden infolge dieser Vorkommnisse im Vergleich zu den geplanten Therapiedosen unerheblich höher exponiert. Ungenügende Abstimmung zwischen den Mitarbeitern führte an medizinischen Beschleunigern und an einer medizinischen Gammabestrahlungsanlage dazu, daß die Geräte in Betrieb genommen wurden, obwohl sich noch Mitarbeiter im Bestrahlungsraum aufhielten. Die daraus resultierende Exposition der Mitarbeiter lag in der Größenordnung von 0,1 mSv. Aus gleicher Ursache wurden während der Reparatur einer Afterloadingeinrichtung die Strahler ausgefahren, wodurch 2 Mechaniker Strahlenexpositionen in Höhe von 3 bzw. 10 mSv erhielten. Durch die Einstellung falscher Parameter an einem Beschleuniger kam es zu einer folgenschweren Überexposition (10fache Dosis) eines Patienten.

Bei der Verwendung offener radioaktiver Stoffe zur Diagnostik und Therapie haben sich 11 technisch bedingte Vorkommnisse ereignet. Durch Undichtheiten an Apparaturen, Pumpen, Leitungen und Strahlern kam es zu Kontaminationen und der Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umwelt. Beispielsweise wurde durch eine undichte Leitung in einer Zyklotronanlage die Tagessproduktion von C-11 über die Abluft in die Atmosphäre freigesetzt. Eine Gefährdung von Personen und der Umwelt war dadurch nicht entstanden.

Von den 24 Ereignissen an Gammabestrahlungsanlagen waren 21 technisch bedingte Verschlußstörungen. Gehäuft trat der Bruch der Quellenrückholfeder auf. Eine empfohlene generelle Überholung der Verschluß- und Transportsysteme an diesen Anlagen hat ab 1994 zu einem Rückgang der Verschlußstörungen geführt. Die zur Bergung der Patienten eingesetzten beruflich strahlenexponierten Personen erhielten geringfügige Expositionen. Die Überexposition der Patienten

konnte in den nachfolgenden Bestrahlungen ausgeglichen werden. An Afterloadingeinrichtungen konnten in 12 Fällen die Strahler nicht in die geplante Bestrahlungsposition oder in den Abschirmbehälter überführt werden, da Defekte am Ausfahrtschlauch, am Strahlerhalter, in der elektronischen Steuerung, an den Schweißstellen, an der Antriebseinheit, an einer Klebeverbindung usw. dies verhinderten. Zusätzlich wurden dreimal Fehler in der Software der Steuerung der Afterloadingeinrichtung entdeckt. Die festgestellten Softwarefehler wurden in allen Geräten gleichen Typs beseitigt. Die drei technisch bedingten Ereignisse bei der medizinischen Anwendung von Strahlern wurden durch undichte Strahler ausgelöst und führten zu Kontaminationen und in einem Fall zu einer geringfügigen Inkorporation bei zwei Mitarbeitern (0,2 und 0,7 mSv). An medizinischen Beschleunigern wurden 6 technisch bedingte Vorkommnisse festgestellt. Eine zu hohe Dosisleistung trat infolge eines falsch zugeschalteten Filters auf. Ein anderer technischer Defekt bewirkte eine falsche Blendeneinstellung. Die aufgetretenen Überexpositionen der Patienten konnten in den Nachfolgebestrahlungen ausgeglichen werden.

Wie aus **Tabelle ST-22** zu erkennen ist, sind im nichtmedizinischen Anwendungsbereich Vorkommnisse infolge menschlichen Fehlverhaltens, einschließlich Diebstahl radioaktiver Stoffe, deutlich häufiger (58 %) als technisch verursachte Vorkommnisse (37 %) aufgetreten. Durch Brand wurden 5 % der Ereignisse verursacht.

Beim Umgang mit Strahlern sind von den zuständigen Behörden 19 Ereignisse gemeldet worden, die auf mangelhafte Nachweisführung, einer ungeordneten Aufbewahrung und unterlassene Entsorgung bei Betriebsstillegung zurückzuführen waren. Die Folge war in 11 Fällen der Verlust von Strahlern und in 3 Fällen der Fund von in Vergessenheit geratenen Strahlern, wodurch z. B. in einer Forschungseinrichtung mehrere nicht beruflich strahlenexponiert tätige Mitarbeiter über mehrere Jahre einer Exposition von bis zu 9 mSv/a ausgesetzt waren. Im Arbeitsraum befand sich in einem Tresor ein Ra-226-Strahler, dessen Existenz nicht bekannt war. Unsachgemäße Handhabung von Strah-

lern führte zu einer geringfügigen Kontamination von Personen bzw. Gegenständen. Bei einer Person wurde eine geringe Inkorporation festgestellt. Die von den zuständigen Behörden gemeldeten 21 Ereignisse mit technischer Ursache sind auf die Undichtheit von Strahlern zurückzuführen. In 6 Fällen wurden Kontaminationen bzw. Freisetzungen festgestellt, die jedoch zu keiner Exposition von Personen führten. Die Feststellung der Undichtheit von Strahlern erfolgte überwiegend bei regulären Dichtheitsprüfungen. Extrem hoch gegenüber den anderen Anwendungsgebieten ist die Zahl der Diebstähle von Strahlern. Von 1991 bis 1997 wurden 16 Diebstähle registriert. In 7 Fällen wurden Schulquellen entwendet. Erwähnenswert ist, daß bei einigen Diebstählen nicht die radioaktiven Stoffe die Zielobjekte waren, sondern beispielsweise gemeinsam mit diesen Stoffen aufbewahrte Wertgegenstände oder zum Transport benutzte Fahrzeuge.

Nichtbeachten von Vorschriften, Fehlbedienungen, mangelnde Sorgfalt und Unachtsamkeit waren die typischen Auslöser für die 25 Ereignisse im Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen, die auf menschliches Fehlverhalten zurückzuführen sind, z. B. Kontamination von Arbeitsbereichen, Bruch von Glasampullen oder Glasflaschen mit anschließender Kontamination von Personen bzw. Gegenständen oder die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- oder Wasserpfad an die Umgebung. Eine Inkorporation von Pu-239 und Am-241 mit einer resultierenden Dosis an der Knochenoberfläche von 330 mSv wurde bei einem Mitarbeiter durch Nichtbeachtung der Arbeitsvorschriften bei der Entsorgung radioaktiv kontaminierter Schrotteile in einer kerntechnischen Einrichtung festgestellt. Unachtsamkeit bei der Entsorgung eines Abzugs führte in einem anderen Fall bei einem Mitarbeiter zu einer Dosis von 44 mSv. Infolge Einbruchdiebstahls kam es zweimal zum Verlust radioaktiver Stoffe. Defekte in technischen Anlagen, Explosionen und undichte Umhüllungen führten ebenfalls zu Kontaminationen und Inkorporationen geringer Höhe und zur Abgabe geringer Mengen radioaktiver Stoffe mit der Abluft an die Atmosphäre.

Die 19 durch menschliches Fehlverhalten verursachten Vorkommnisse in der industriellen Anwendung radiometrischer Verfahren hatten zur Folge, daß beispielsweise in 4 Fällen Strahler, eingebaut in Meßeinrichtungen, zur Verschrottung gelangten, 2 Strahler verloren gingen und in 2 Fällen Meßeinrichtungen ohne Genehmigung erworben wurden. Dreimal hantierte Mitarbeiter an einer Anlage bei geöffnetem Strahlenaustrittsfenster. Eine Beschädigung von Strahlern durch unübliche Krafteinwirkungen mußte in 4 Ereignissen als Ursache festgestellt werden. In einem Fall kam es beim unsachgemäßen Ausbau der Strahler zu einer erheblichen Raum- und Personenkontamination. Die aus der Inkorporation resultierende Dosis betrug 205 mSv für die betroffene beruflich strahlenexponierte Person. Unbeaufsichtigtes Hantieren von 4 nicht beruflich strahlenexponierten Personen an einer Meßeinrichtung bei geöffnetem Strahlengang führte zu Dosen bis zu 100 mSv. In zwei Fällen wurden Strahler aus radiometrischen Meßeinrichtungen gestohlen. Die 14 technisch bedingten Vorkommnisse in der Radiometrie sind zum größten Teil auf Mängel in der Halterung der Strahler, dem Abriß bzw. der Verschüttung der Meßsonde bei Tiefenmessungen und Baugrunduntersuchungen zurückzuführen. Dreimal waren undichte Strahler die Ursache für die gemeldeten Ereignisse. Durch Brände in Anlagen und Betrieben wurden 6 Meßeinrichtungen zerstört. In einem Fall kam es zur Freisetzung von 3,7 GBq Kr-85. In den 5 übrigen Fällen blieben die Strahler unversehrt.

In der Gammarradiographie ist die weit überwiegende Anzahl (20 von 26) der Vorkommnisse auf menschliche Fehlhandlungen zurückzuführen. Mangelnde Sorgfalt bei der Befestigung des Kollimators oder des Gerätes am zu prüfenden Objekt oder bei der Ankopplung der einzelnen Geräteteile führte zu Störungen bei der Fernbedienung des Strahlers. Die Bergung der Strahler führte in einigen Fällen zu erhöhten Expositionen. In einem Fall kam es zu einer Dosis von 60 mSv. Da ein Prüfer einen im Ausfahrtschlauch steckengebliebenen Strahler nicht rechtzeitig detektierte, erhielt er eine Exposition von 40 mSv. Aufgetretene Reflexhandlungen, infolgedessen die abgetrennten Strahler bzw. der

Ausfahrtschlauch, in dem sich der Strahler befand, mit der bloßen Hand angefaßt wurden, waren begleitet von Teilkörperdosen für die Hände von 10, 100 bzw. 700 mSv. Bei einer unsachgemäßen Überprüfung eines Gerätes durch einen Sachverständigen wurde dessen Hand mit 2 Gy exponiert. Über klinisch nachweisbare Schäden wurde nicht berichtet. Die unsachgemäße Beseitigung einer technischen Störung an einem Gerät führte zu einer Handbelastung von 3,6 Gy. Klinisch nachweisbare Schäden sind auch hier nicht festgestellt worden. Gehäuft aufgetretene Störungen an den Fernbedienungskabeln haben zu einer konstruktiven Veränderung derselben geführt.

Als Folge unterlassener Bestandskontrollen und durch Diebstahl kam es zum Verlust von 7 Gaschromatographen mit Eingangsdetektoren. Durch mangelhafte Halterungen für H-3-Gaslichtquellen in Luftfahrzeugen sind 3 dieser Quellen verloren gegangen. Aus einer Gaslichtquelle ist das H-3 durch ein Leck entwichen, wodurch es zu einer unbedeutenden Inkorporation bei einer Person gekommen ist.

Bei der Bergung von Strahlern aus stillgelegten Brunnen ereigneten sich 4 Vorkommnisse, bei denen 3 beruflich strahlenexponierte Personen Expositionen zwischen 8 und 19 mSv erhielten. Außerdem kam es bei einer Person zu einer Handbelastung von 1 Gy.

Die 2 durch Unachtsamkeit verursachten Ereignisse an technischen Beschleunigern waren mit erheblichen Teilkörperdosen verbunden. In einem Fall trat infolge der Exposition im Nutzstrahl eine kleinflächige Blasenbildung an einem Finger auf. Im zweiten Fall wurde der Hals eines Mitarbeiters streifenförmig mit niederenergetischer Bremsstrahlung exponiert, wodurch sich ein Erythem in diesem Bereich ausbildete. Die Verletzung der Strahlenschutzvorschriften beim Ausbau der Strahler aus einer technischen Bestrahlungsanlage hatte zur Folge, daß bei den 3 beteiligten Personen Expositionen von 30, 50 bzw. 150 mSv auftraten. Für die Hände wurden Teilkörperdosen bis zu 2 Gy ermittelt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß durch die besonderen Vorkommnisse beim Umgang und der Beförderung

radioaktiver Stoffe und beim Betrieb von Beschleunigern zu keinem Zeitpunkt eine Gefährdung für die Bevölkerung oder die Umwelt gegeben war. In einigen Fällen erhielten beruflich strahlenexponierte Personen und einzelne Personen aus der Bevölkerung Strahlenexpositionen, die in der Mehrzahl unbedeutend waren. Die Expositionen von 4 beruflich strahlenexponierten Personen und 11 nicht als beruflich strahlenexponiert tätigen Personen lagen über den jeweiligen Grenzwerten für die Körperdosen nach Strahlenschutzverordnung. In 8 Fällen kam es bei beruflich strahlenexponierten Personen zur Überschreitung der Grenzwerte für Teilkörperdosen (Hände, Haut, Knochenoberfläche).

Bewertung der Ursachen und radiologischen Auswirkungen einer radioaktiven Oberflächenkontamination in Quellenräumen

N. Dymke

Die Lagerung radioaktiver Stoffe, z. B. radioaktiver Präparate oder umschlossener Strahlenquellen sowie der Umgang mit ihnen in Quellen- oder Bestrahlungsräumen kann zu einer radioaktiven Oberflächenkontamination an Einrichtungsgegenständen und/oder baulichen Strukturen (Fußboden, Wände etc.) führen.

Für Quellen- oder Bestrahlungsräume sind bei bestimmungsgemäßem Betrieb Werte der Oberflächenkontamination gemäß Spalte 3 der Anlage IX StrlSchV zulässig. Ist jedoch beabsichtigt, die Räume aus dem genehmigungspflichtigen Umgang zu entlassen, muß in einem Freigabeverfahren nachgewiesen werden, daß etwaige radioaktive Kontaminationen, die auf die genehmigungspflichtige Tätigkeit zurückzuführen sind, die Grenzwerte der Flächenaktivität gemäß Spalte 4 der Anlage IX StrlSchV nicht überschreiten. Handelt es sich bei den Kontaminanten um alphastrahlende Nuklide, beträgt der Grenzwert der Flächenaktivität $0,05 \text{ Bq/cm}^2$.

In einem konkreten Fall wurden in Quellen- und Bestrahlungsräumen über einen Zeitraum von mehreren Jahren radioaktive Stoffe verwahrt, die der Kategorie der

Kernbrennstoffe zuzuordnen sind. Dabei handelte es sich um uran- und plutoniumhaltige Kernbrennstoffproben sowie um Pu-Be-Neutronenquellen des Typs IBN (Hersteller: UdSSR). Im Zuge der Überstellung der radioaktiven Stoffe in das Staatliche Verwahrager wurde die Freigabe der Räume aus dem genehmigungspflichtigen Umgang vorbereitet. Bei den dazu durchgeführten Kontaminationsmessungen wurde eine Uran-Plutonium-Kontamination an den baulichen Strukturen der Räume festgestellt, die den Grenzwert der Flächenaktivität gemäß Spalte 4 der Anlage IX StrlSchV für Alphastrahler überschreitet.

Für die in den Räumen mit Meß- und Dekontaminationsarbeiten beschäftigten Personen soll die infolge Inhalation radioaktiver Stoffe zu erwartende effektive Folgedosis abgeschätzt werden.

Ursachen der Kontamination

Als Ursache der Raumkontamination wurden eine äußere Kontamination der Gebinde der Kernbrennstoffproben sowie auch Undichtheiten der Pu-Be-Neutronenquellen vermutet.

Die Vermutung auf Undichtheit der Pu-Be-Neutronenquellen sollte durch Dichtheitsprüfungen mittels Wischtests an den Quellen abgeklärt werden. Die Ergebnisse der Wischtests ergaben abnehmbare Aktivitäten in der Größenordnung des Dichtheitskriteriums für umschlossene radioaktive Stoffe nach DIN 25 426. Nach diesem Kriterium gilt ein umschlossener radioaktiver Stoff als dicht, wenn die bei der Wischprüfung abgenommene Aktivität 200 Bq nicht überschreitet.

Führt eine Wischtestnahme zur Prüfung der Dichtheit umschlossener Strahlenquellen zu Ergebnissen im Aktivitätsbereich des Dichtheitskriteriums nach DIN 25 426, können diese nur ein Indiz auf eine eventuelle Undichtheit sein. Abnehmbare radioaktive Kontaminationen können während des Herstellungsprozesses der Strahlenquelle auf diese übertragen worden sein und zum Beispiel im Schweißgut des Kapseldeckels haften; möglich ist auch eine Innenkontamination des Containers, die auf die Oberfläche der Strahlenquelle übertragen werden kann.

Bei einer Wischtestnahme an Strahlenquellen hängt das Ergebnis davon ab, auf welche Weise die Quelle gewischt wird. Von entscheidendem Einfluß kann z. B. der Druck, mit dem das Filterpapier geführt wird oder die Bevorzugung bzw. Vernachlässigung bestimmter Bereiche der Quellenoberfläche sein. Diese individuell abhängigen Einflüsse können zu erheblichen Fehlern bei der Bestimmung der abnehmbaren Aktivität an Strahlenquellen führen.

Die Meßgenauigkeit bei der Bestimmung der Aktivität von mit Wischtestmaterialien abgenommenen alpha-emittierenden Stoffen ist gering. In dem hier relevanten Aktivitätsbereich sind Fehler bis zum Faktor 5, in Extremfällen bis zum Faktor 10, durchaus möglich. Aus diesem Grunde sind die zahlenmäßigen Ergebnisse zur Kontamination der Pu-Be-Neutronenquellen kritisch zu werten.

In der Praxis kann der Nachweis einer Quellenundichtheit nur dann zuverlässig mit Hilfe von Wischtestnahmen erbracht werden, wenn dieser Nachweis auf einer Meßserie über einen längeren Zeitraum basiert und die ermittelten Werte eine stetige Erhöhung der abgenommenen Aktivität erkennen lassen. In DIN 25 426 wird angegeben, daß eine Kontamination der zu prüfenden Strahlenquelle eine Leckage vortäuschen kann. Überschreitet die z.B. mit Wischtest abgenommene Aktivität das Dichtheitskriterium von 200 Bq, wird gefordert, daß die Strahlenquelle zu reinigen und die Prüfung zu wiederholen ist. Diese Forderung gilt zwar für die Dichtheitsprüfung in Zusammenhang mit Herstellung und Bauartprüfung umschlossener radioaktiver Stoffe, trifft aber sinngemäß für den hier vorliegenden Fall zu.

Die Vermutung auf Undichtheit der Pu-Be-Neutronenquellen wurde aus diesen Gründen durch die Ergebnisse der Wischprüfung nicht bestätigt.

Oberflächenkontamination

Eine Oberflächenkontamination besteht, in allgemeiner Form, aus der Summe der nichtfesthaftenden, festhaftenden und in das Volumen eingedrungenen Aktivität pro Flächeneinheit. Letztere Komponente

ist für die folgenden Betrachtungen nicht relevant.

Die Gesamtaktivität pro Flächeneinheit an kontaminierten Einrichtungsgegenständen und/oder baulichen Strukturen wird durch Direktmessung mit einem Oberflächenkontaminationsmeßgerät bestimmt. Bei indirektem Meßverfahren durch Wischtest wird ein Teil der nichtfesthaftenden Kontamination von einer Fläche abgenommen und dessen Aktivität bestimmt. Aus dem Ergebnis wird durch Rechnung je nach Definition entweder auf den nichtfesthaftenden Anteil oder auf die Gesamtaktivität pro Flächeneinheit geschlossen.

In den betrachteten Räumen wurde nach Feststellung der Kontamination eine Prüfung der Homogenität der Kontaminationsverteilung durch systematische Wischtestnahme nach ISO 7503 vorgenommen. Die Prüfung führte – für einen der Räume – zu folgendem Ergebnis:

Von insgesamt 118 vorgenommenen Wischtests (WT) waren

2 WT > 50 mBq cm⁻² (Grenzwert der Oberflächenkontamination)

18 WT > 30 mBq cm⁻² (Nachweisgrenze des Meßverfahrens)

55 WT > 7 mBq cm⁻² (Erkennungsgrenze)

43 WT < 7 mBq cm⁻²

Die Oberflächenkontamination war demnach sehr inhomogen verteilt und überschritt lediglich auf zwei Wischtestflächen den abgeleiteten Grenzwert für Alphastrahler.

In den Räumen wurde eine nasse Grobdekontamination durchgeführt. Ein Teil des dabei verwendeten Wischwassers wurde einer alpha-spektrometrischen Untersuchung unterzogen. Die Ergebnisse der Untersuchung ergaben, daß die aufgenommene Aktivität aus folgenden Komponenten besteht:

– U-234	82,7 %
– U-238	14,0 %
– U-235	1,6 %
– Pu-239	1,6 %

Es wird davon ausgegangen, daß die Oberflächenkontamination in den Räumen die gleiche Aktivitätsverteilung aufweist.

Auswahl des Resuspensionsfaktors

Zur Bewertung des Expositionsrisikos kann in vorliegendem Zusammenhang vereinfachend von der Annahme ausgegangen werden, daß in den Räumen ausschließlich kontaminierte Fußböden- und Wandflächen zu berücksichtigen sind. Der relevante Expositionspfad ist die Inhalation luftgetragener radioaktiver Stoffe. Die Dosisabschätzung folgt deshalb dem Modell, daß die auf Fußboden- und Wandflächen abgesetzten radioaktiven Stoffe durch Resuspension in die Raumluft gelangen, eingeatmet werden und eine innere Exposition verursachen.

Entscheidend für eine hinreichend zuverlässige Abschätzung der Aktivitätskonzentration in der Luft ist die Auswahl des Resuspensionsfaktors. Der Resuspensionsfaktor ist das zahlenmäßige Verhältnis der durch Resuspension von einer kontaminierten Fläche bedingten Aktivitätskonzentration in Luft [Bq/m³] zur Gesamtaktivität pro Flächeneinheit [Bq/m²]. Der Wert des Resuspensionsfaktors wird in hohem Maße durch die konkreten Bedingungen der Oberflächenkontamination beeinflusst; er kann deshalb nur experimentell bestimmt werden und ist im Grunde genommen nur dann „richtig“, wenn die Bedingungen seiner Bestimmung mit denen seiner Anwendung identisch sind.

Die in der Literatur angegebenen Werte für Resuspensionsfaktoren in geschlossenen Räumen variieren in Abhängigkeit von den konkreten Bedingungen, unter denen sie experimentell bestimmt wurden, um mehrere Größenordnungen [1]. Im Einzelnen werden Werte zwischen 10⁻⁶ m⁻¹ und 10⁻³ m⁻¹ angegeben [2, 3, 4]. Resuspensionsfaktoren, die unter praxisnahen Bedingungen in Forschungseinrichtungen im Umgang mit plutoniumhaltigen Kernbrennstoffen gemessen wurden, liegen im Bereich zwischen einigen 10⁻⁶ m⁻¹ und einigen 10⁻⁵ m⁻¹ [5, 6]. Für die in der Regel anzutreffenden praktischen Bedingungen wird ein „mittlerer“ Resuspensionsfaktor von RF = 5 · 10⁻⁵ m⁻¹ empfohlen [7, 8].

Dieser ist vor seiner Anwendung für Abschätzungen der inhalativen Exposition infolge Oberflächenkontamination einer kritischen Bewertung hinsichtlich der tatsächlich vorliegenden Bedingungen zu unterziehen. Der Wert ist konservativ angelegt; er bezieht sich auf die Gesamtaktivität pro Flächeneinheit, obwohl lediglich die nichtfesthaftende Komponente der Oberflächenkontamination eine Quelle der durch Resuspension in die Luft übertragenen Aktivität darstellt. Er bezieht sich außerdem auf eine ausgedehnte ($> 10 \text{ m}^2$) homogene Kontamination und sollte um den Faktor 10 verringert werden, wenn nur begrenzt ($< 1 \text{ m}^2$) oder sehr inhomogen kontaminierte Flächen vorliegen. Es wird empfohlen, die Resuspension von Kontaminanten mit geringer spezifischer Aktivität, wie z. B. Uran, um das Zehnfache geringer zu bewerten als von Plutonium mit hoher spezifischer Aktivität [1].

Insgesamt muß der Tatsache Rechnung getragen werden, daß mit der Festlegung des Betrages des Resuspensionsfaktors beträchtliche Unsicherheiten in die Abschätzung der inhalativen Dosis eingebracht werden. Ein der Realität nicht entsprechender Betrag des Resuspensionsfaktors kann das Ergebnis der Abschätzung unter Umständen stärker verfälschen als z. B. die Überbewertung des nichtfesthaftenden Anteils einer Oberflächenkontamination, wenn dieser gleich der Gesamtaktivität pro Flächeneinheit gesetzt wird. Aus diesem Grunde kann in vielen praktischen Fällen auf die ausschließlich experimentell mögliche Bestimmung des Anteiles der nichtfesthaftenden Aktivität an der Gesamtaktivität pro Flächeneinheit verzichtet werden und die daraus resultierende Überbewertung der Dosis im Sinne der Konservativität der Betrachtung unkorrigiert bleiben.

Abschätzung der Personendosis

Die Fußboden- und Wandflächen der betrachteten Räume seien mit einer Flächenaktivität FA kontaminiert. Die Aktivitätskonzentration in Luft LA wird über den Resuspensionsfaktor RF gemäß der Beziehung $RF = LA / FA$ bestimmt.

Die Aktivitätsaufnahme durch Inhalation I ist gleich der Aktivitätskonzentration in Luft LA multipliziert mit der Atemrate AR pro betrachtetem Zeitintervall. Es gilt $I = LA \cdot AR$ und $AR = 2400 \text{ m}^3$ pro Jahr.

Die aufgenommene Aktivität I verursacht eine effektive Folgedosis H_{50} , deren Betrag nuklidabhängig mit dem Dosiskonversionsfaktor DF berechnet wird. $H_{50} = I \cdot DF$

Für die Abschätzung der effektiven Folgedosis wird angenommen, daß die Räume mit einer Flächenaktivität $FA = 0,05 \text{ Bq cm}^{-2}$ kontaminiert sind. Sie ist gleich dem Grenzwert der Flächenkontamination für Alphastrahler außerhalb von betrieblichen Überwachungsbereichen. Der nichtfesthaftende Anteil der Oberflächenkontamination sei gleich der Gesamtaktivität pro Flächeneinheit.

Der in der Literatur empfohlene Resuspensionsfaktor $RF = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ setzt, wie bereits erwähnt, eine homogen verteilte Kontamination über mehrere Quadratmeter voraus. Das kommt in der Praxis sehr selten vor; selbst bei ausgedehnten Kontaminationen ist diese inhomogen verteilt und meist auf einige begrenzte Bereiche oder einzelne „spots“ beschränkt. Wenn diese begrenzten Bereiche nicht mehr als 100 cm^2 pro Quadratmeter ausmachen, wird ein „Minderungsfaktor“ von 10 empfohlen [1, 8].

Diese Inhomogenität der Kontaminationsverteilung ist in den betrachteten Räumen gegeben. Es ist deshalb realistisch, einen Resuspensionsfaktor von $RF = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$ anzusetzen.

Gemäß den Ergebnissen der alpha-spektrometrischen Untersuchung des zur Grobdekontamination verwendeten Wischwassers besteht die Raumkontamination jedoch aus den Nukliden U-234 (82,7 %), U-235 (1,6 %), U-238 (14 %) und Pu-239 (1,6 %). Gemäß der Empfehlung, den Resuspensionsfaktor für radioaktive Stoffe mit geringer spezifischer Aktivität um den Faktor 10 gegenüber Stoffen mit hoher spezifischer Aktivität herabzusetzen [1], wird für die Urankomponenten ein Resuspensionsfaktor von $RF = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^{-1}$ gewählt.

Die Berechnung der effektiven Folgedosis durch inhalative Exposition erfolgt nach dem beschriebenen Modell und Dosiskon-

versionsfaktoren gemäß [9] gesondert für jede Kontaminationskomponente. Sie führt zu folgenden Ergebnissen:

	U-234	U-235	U-238	Pu-239	Gesamt
H_{50}	18 μSv	0,3 μSv	3 μSv	11 μSv	ca. 35 μSv

Die effektive Folgedosis für eine Person während eines Arbeitsjahres in den betrachteten Räumen wird mit ca. 35 μSv abgeschätzt. Wird zusätzlich in Betracht gezogen, daß die Räume einer (nassen) Grobdekontamination unterzogen wurden, bei der die nichtfesthaftende Kontamination zu einem erheblichen Prozentsatz entfernt wurde, liegt der resultierende Wert der effektiven Folgedosis noch darunter. Der Grenzwert der effektiven Jahresdosis für Einzelpersonen aus der Bevölkerung ist damit weit unterschritten.

Zusammenfassung

Einmalig durchgeführte Wischtests an umschlossenen radioaktiven Stoffen zur Prüfung der Dichtheit können, wenn die Ergebnisse zu abnehmbaren Aktivitäten in der Größenordnung des Dichtheitskriteriums führen, nicht als Nachweis, sondern lediglich als Indiz auf eine mögliche Undichtheit betrachtet werden. Die Oberflächenkontamination in den Quellenräumen ist mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht auf Undichtheiten der verwahrten Pu-Be-Neutronenquellen zurückzuführen.

Die effektive Folgedosis infolge Inhalation luftgetragener Aktivität wurde für eine Oberflächenkontamination in der Höhe des Grenzwertes der Flächenkontamination außerhalb von betrieblichen Überwachungsbereichen abgeschätzt. Die Resuspensionsfaktoren wurden unter Berücksichtigung der extrem inhomogenen Verteilung der Oberflächenkontamination sowie weiterer Randbedingungen möglichst realistisch, jedoch ausreichend konservativ ausgewählt. Der resultierende Dosiswert liegt weit unterhalb des Grenzwertes der effektiven Jahresdosis für Einzelpersonen aus der Bevölkerung.

- [1] Wrixon A. D. et al.
Derived Limits for Surface Contamination. NRPB-DL 2, November 1979
- [2] Jones I. S., Pond S. F.
Some Experiments to Determine the

- Resuspension Factor of Plutonium from Various Surfaces. In: Fish, B. R., Surface Contamination, Pergamon Press, Oxford 1967
- [3] Brunskill R. T.
The Relationship between Surface and Airborne Contamination. In: Fish, B. R., Surface Contamination, Pergamon Press, Oxford 1967
- [4] Glaubermann, H. et. al.
Studies of the Significance of Surface Contamination. In: Fish, B. R., Surface Contamination, Pergamon Press, Oxford 1967
- [5] Ikezawa, Y.
Experiences in Monitoring Airborne Radioactive Contamination, 5. International Congress of the IRPA, Jerusalem (Israel), 9–14 March 1980
- [6] Matsui, H. et al.
Dispersion and Resuspension Factors of Radioactive Dusts Derived from Air Monitoring Data in JAERI, 7. International Congress of the IRPA, Sydney (Australia), 10.–17. April 1988
- [7] Dunster H. J.
The Concept of Derived Working Limits for Surface Contamination. In: Fish, B. R., Surface Contamination, Pergamon Press, Oxford 1967
- [8] Monitoring of Radioactive Contamination on Surfaces, Technical Report Series No. 120, IAEA, Vienna 1970
- [9] Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. Annals of the ICRP. ICRP Publication 30, Vol. 2 No 3/4, 1979

34. Berlin-Kolloquium, Bundesamt für Strahlenschutz, Außenstelle Berlin, 7. bis 11. Oktober 1998

Das gemeinsam von den Fachbereichen ST und S durchgeführte Kolloquium wurde in diesem Jahr erstmalig an zwei verschiedenen Orten, nämlich in der Außenstelle Berlin und in der Informationsstelle Schlema des BfS, durchgeführt. In Berlin diskutierten die eingeladenen Experten aus 10 Ländern in gewohnter Weise über **Probleme des Schutzes gegen optische Strahlung (UV, Laser)** sowie über die **Umsetzung der EU-Patientenschutzrichtlinie**. Beide Themenkomplexe wurden jeweils durch Übersichtsvorträge der Veranstalter eingeleitet.

Die Diskussionen zum ersten Thema konzentrierten sich auf die Fragen, ob das jetzige Regelwerk und das bisherige Meßinstrumentarium weiterhin für einen wirksamen Schutz vor zu hohen Belastungen durch optische Strahlung ausreichen, ob gesetzliche Regelungen auf europäischer Ebene erforderlich sind, welche Forschungsschwerpunkte für die Zukunft zu setzen sind und wie die Öffentlichkeitsarbeit zu verbessern ist.

Im Rahmen des zweiten Themas befaßten sich die Diskussion insbesondere mit den Erfahrungen in den Teilnehmerländern bei der Umsetzung der Patientenschutzrichtlinie im Zusammenhang mit den empfohlenen Regelungen zur Rechtfertigung und Optimierung, zu den Verantwortlichkeiten, zu Anforderungen an die Ausbildung, zur Erfassung radiologischer Einrichtungen sowie der Häufigkeit und Dosen bei medizinischen Expositionen.

Die Behandlung des dritten Themenkomplexes **Exposition der Bevölkerung durch natürliche Strahlung** erfolgte in der Informationsstelle Schlema des BfS in unmittelbarer Nähe erfolgreich sanierter Altlasten mit erhöhter natürlicher Radioaktivität. Zu diesem Teilthema wurden neben den fachlichen Diskussionen auch Besichtigungen von über- und untertägigen Sanierungsobjekten der WISMUT GmbH durchgeführt.

Die in den einzelnen Teilnehmerländern vorliegenden Erfahrungen bezüglich des Teilthemas Strahlenexposition der Bevölkerung durch industrielle Tätigkeiten sind recht unterschiedlich. Die Erörterung möglicher Maßnahmen zur Kontrolle und gegebenenfalls Erniedrigung dieser Strahlenexpositionen war ein Schwerpunkt der Diskussionen.

Die bei den Diskussionen der beiden ersten Teilthemen gesammelten Informationen lieferten genügend Anregungen für einen zusammenfassenden Erfahrungsaustausch über die Möglichkeiten der Regulierung der Bevölkerungsexposition durch natürliche Strahlung. Diskussionspunkte waren u. a. die Umsetzung der EU-Empfehlungen in nationale gesetzliche Regelungen sowie Rechtfertigung, Optimierung, Referenzwerte und integrierte Risikobewertung.

Die ausländischen und deutschen Teilnehmer erhielten mit diesem Meinungs- und Erfahrungsaustausch zahlreiche Anregungen für die weitere Arbeit auf den diskutierten Gebieten.

Von den Teilnehmern wurde übereinstimmend und mit großem Nachdruck der Wunsch geäußert, im Rahmen des nächsten Berlin-Kolloquiums ausgiebig über den Stand der Umsetzung der EU-Grundnormen in die nationale Gesetzgebung zu diskutieren, da zu diesem Zeitpunkt in allen betroffenen Ländern der Entwurf der neuen Strahlenschutzregelungen weitgehend fertiggestellt sein müßte.

Die natürliche Strahlenexposition des Menschen – ein Problem des Strahlenschutzes? Fachseminar der Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung von Mecklenburg-Vorpommern (LPS) in Berlin in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Strahlenschutz am 17. und 18. Juni 1998

Das Fachseminar fand in den Räumen der LPS in Berlin statt, wobei für das wissen-

schaftliche Konzept das Programmkomitee, dem A. Kaul, W. Kraus und H. Rühle angehörten, verantwortlich zeichnete.

Im Zusammenhang mit der 1996 veröffentlichten neuen EURATOM-Richtlinie war das Thema des Seminars von besonderer Aktualität, da hierzu in der Richtlinie erstmals Ausführungen gemacht werden, die auch in die Strahlenschutzgesetzgebung der Bundesrepublik Deutschland zu übernehmen sind. Dabei steht die wichtige Frage im Vordergrund, inwieweit und in welchem Maße die Überwachung von Arbeitsplätzen und Personen, bei denen natürlich radioaktive Stoffe eine Rolle spielen (z. B. im Bergwerk, im Wasserwerk und in anderen Bereichen) in Zukunft erforderlich sein wird. Darüber hinaus ist zu klären, wie die Exposition der Bevölkerung durch erhöhte natürliche Strahlung (z. B. in Uranbergbaugebieten oder durch Radon in Wohnungen) reguliert werden muß.

Die Hauptthemenbereiche des Fachseminars waren

- die Strahlenexposition der Bevölkerung (Überblick),
- die berufliche Strahlenexposition durch natürlich radioaktive Stoffe,
- die Sanierung bergbaulicher Anlagen und Hinterlassenschaften.

WORKSHOP „Strahlenschutzüberwachung von Arbeitsplätzen mit erhöhten Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten und Qualitätssicherung der Überwachungsmessungen“

Fachbereich Strahlenschutz des Bundesamtes für Strahlenschutz, Außenstelle Berlin, 22. bis 24. Juni 1998

Am Workshop nahmen 65 Fachleute aus Betrieben und wissenschaftlichen Einrichtungen sowie aus Landes- und Bundesbehörden teil, darunter je ein Teilnehmer aus der Schweiz und aus Österreich. In Vorträgen und ausführlichen Diskussionen

Fachbereich Strahlenschutz

Wissenschaftliche Veranstaltungen

wurden Konzepte und Methoden zur Überwachung von Arbeitsplätzen mit erhöhten Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten sowie Fragen der Qualitätssicherung der Überwachungsmessungen behandelt und in einem abschließenden Rundtischgespräch Schlußfolgerungen für die zukünftige Arbeit gezogen. Der Workshop trug dazu bei, Erfahrungen und Meinungen aus der Strahlenschutzpraxis zu sammeln, die bei der Umsetzung der Richtlinie 96/29 EURATOM und der Novellierung des deutschen Strahlenschutzrechts von Bedeutung sein können. Dies gilt insbesondere für die Erarbeitung nachgeordneter Vorschriften, Richtlinien und Empfehlungen auf nationaler Basis und ihre rationelle Umsetzung in die Praxis. Der Workshop gab für alle angesprochenen Problemkreise wertvolle Anregungen. Die Vorträge und Ergebnisse des Workshops werden in einem BfS-Bericht veröffentlicht.

Auswertung der Ergebnisse des Ringversuches „Abwasser aus kerntechnischen Anlagen“ Seminar des Fachbereiches Strahlenschutz des Bundesamtes für Strahlenschutz, Berlin, 21. bis 22. September 1998

Am 21. und 22. September 1998 fand im Fachbereich des Bundesamtes für Strahlenschutz in Berlin ein Seminar über Auswertung der Ergebnisse des Ringversuches „Abwasser aus kerntechnischen Anlagen“ statt. Der Ringversuch ist Bestandteil der externen Qualitätskontrolle im Rahmen der Durchführung der Richtlinie „Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken“. Teilnehmer des Seminars waren Vertreter aus kerntechnischen Anlagen, die die Eigenüberwachung von radioaktiven Emissionen mit dem Abwasser durchführen, aus amtlichen Meßstellen der Bundesländer und behördlich bestellte Sachverständige. Zu bestimmen waren die Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide H-3, Fe-55, Mn-54, Co-57, Co-60, Ni-63, Zn-65, Sr-89, Sr-90, Cs-137, Ba-140, La-140, U-234, U-235, U-238, Pu-239/Pu-

240 in einer realen und einer Modell-Abwasserprobe. Diskutiert wurden die Meßergebnisse der 50 Labore, die am Ringversuch teilgenommen haben. Unter anderem wurden folgende Fragen behandelt:

- Homogenitätsprobleme bei der Entnahme von realen Abwasserproben und bei der Herstellung des Modellabwassers,
- Anwendung von extraktionschromatographischen Verfahren bei der Bestimmung von Fe-55, Ni-63 und Uran sowie Plutonium-Isotopen,
- Probleme bei der Kalibrierung von Gamma-Spektrometern, Alpha-Großflächenzählern, Flüssigszintillationspektrometern und Beta-Meßplätzen,
- Auswertung von Gamma-Spektren bei Messungen von Proben im Niedrigaktivitätsbereich,
- Probleme bei der Bestimmung von Radionukliden, die zur Sedimentation in wäßrigen Proben neigen.

Überwachung der Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken. 488. Seminar des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz, Berlin, 25. bis 27. Mai 1998

Das Seminar fand in der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung 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, Sr-89, Sr-90, P-32, Fe-55 und Ni-63,
- Nachweisgrenzen sowie Verfahren der laborinternen und laborexternen Qualitätskontrolle bei Radioaktivitätsmessungen,
- Gesetzliche Vorschriften bei der Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen.

4. Fachgespräch über meßtechnische Fragen bei der Bestimmung natürlicher Radionuklide, Halle (Saale), 25. März 1998

Auf Einladung der Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten in den neuen Bundesländern (Leitstelle Bergbau) des BfS wurde am 25. März 1998 im Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt in Halle (Saale) das 4. Fachgespräch 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 und Landesmeßstellen von Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt sowie der Wismut GmbH durchgeführt. In der Abschlusss Diskussion wurden folgende Themen behandelt:

- Probeentnahme und Probenvorbereitung von Medien, die nach der REI Bergbau im Routinefall zu überwachen sind,
- Meßverfahren zur Bestimmung von Radon, Radonzerfallsprodukten und langlebigen Alphastrahlern.

Die Ergebnisse wurden in die vorläufigen Verfahren zur Bestimmung natürlicher Radionuklide in der Umwelt zur Ermittlung bergbaubedingter Radioaktivität eingearbeitet, die von der Leitstelle Bergbau erarbeitet wurden und den zuständigen Landesbehörden vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Verfügung gestellt worden sind.

OECD/NEA-Workshop on the Societal Aspects of Decision-Making in Complex Radiological Situations

W. Kraus

Vom Committee on Radiation Protection and Public Health (CRPPH) der NEA wurde eine Arbeitsgruppe über soziale Aspekte bei Entscheidungsfindungen auf dem Gebiet des Strahlenschutzes und der nuklearen Sicherheit gebildet. Mit dem Workshop on the Societal Aspects of Decision-Making in Complex Radiological Situations vom 13. bis 15. Januar 1998 in Villigen wurde ein erster Erfahrungsaustausch auf diesem umstrittenen komplexen Gebiet organisiert. Die zu diskutierenden Hauptprobleme waren: Fehlende internationale Empfehlungen zur Intervention bei komplexen radiologischen Situationen und fehlende international harmonisierende Referenzwerte, Unklarheiten, was eine „akzeptierbare“ Situation ist und ob eine „Rückkehr zur Normalität“ überhaupt erreichbar oder anzustreben ist, Unklarheiten, wer die Entscheidungen fällt und wie die betroffene Bevölkerung in die Entscheidungsprozesse einzubeziehen ist, Rolle der Medien, Zentralisierung oder Dezentralisierung von Entscheidungsprozessen, Rolle von Experten im Entscheidungsprozeß und bei der Kommunikation mit der Bevölkerung, Möglichkeiten, die Haltung der betroffenen Bevölkerung zu beeinflussen, Wechselwirkung zwischen den in der Frühphase nach einem Unfall getroffenen und den in der Spätphase zu treffenden Entscheidungen.

Fachlicher Ausgangspunkt der Diskussionen waren drei ausführliche Referate, in denen Erfahrungen bei bisherigen Sanierungsmaßnahmen vermittelt wurden: Kontamination nach dem Kernwaffentest auf den Marshall-Inseln, aktive Einbeziehung der Bevölkerung in einzelnen Orten mit hohen Kontaminationen nach der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl, Sanierung der ostdeutschen Uranerzbergbaugebiete. In einer Reihe von anschließenden Einzelvorträgen wurden eine Vielzahl von Problemen wie Risikokommunikation mit der Bevölkerung, Einbeziehung der Medien

und geeignete Methoden zur Einflußnahme auf deren Berichterstattung, Zusammenarbeit mit lokalen Behörden, Interessengruppen der Bevölkerung und Bürgerinitiativen, Rolle der Experten sowie Schwierigkeiten bei den für die Entscheidung letztendlich Verantwortlichen, die sozialen Aspekte adäquat zu berücksichtigen, behandelt.

Erwartungsgemäß waren die Diskussionen auf dem Workshop teilweise sehr kontrovers. So gingen die Meinungen zum Beispiel darüber weit auseinander, ob die sozialen Aspekte die Entscheidungsprozesse dominieren oder ob eindeutige radiologische Kriterien Grundlage der Entscheidungsprozesse sein sollen. Der Akzeptanz förderlich ist zweifellos die Festlegung von Referenzwerten wie die der Deutschen Strahlenschutzkommission für die Sanierung der Uranerzbergbaugebiete. Dort sind unterhalb festgelegter radiologischer Prüf- oder Maßnahmewerte Sanierungen nicht mehr gerechtfertigt.

Auch wenn der Workshop ohne definitive Antworten auf die aufgeworfenen Fragen zu Ende ging, war er eine wichtige Teiletappe bei der sicherlich noch lange andauernden Diskussion dieser schwierigen Problematik. Einigkeit bestand darüber, daß das Strahlenrisiko nur einen kleinen Beitrag zum allgemeinen zivilisatorischen Risiko darstellt, aber zu einem Modellfall für Risiko-Akzeptanz in weiten Teilen der Öffentlichkeit geworden ist.

2. und 3. EURETHOS-Seminar

W. Kraus

Ziel der von der EU finanzierten Concerted Action EURETHOS ist die Erarbeitung von Maßnahmen zur Normalisierung des Lebens in den kontaminierten Gebieten nach dem Reaktorunfall Tschernobyl. Grundlage des Erfolges ist dabei die dezentrale Einbeziehung der betroffenen Bevölkerung in alle Entscheidungsprozesse. Nach dem auf dem ersten EURETHOS-Seminar am 29. Januar 1997 in Fontenay-aux-Roses verschiedene Ansätze zur Einschätzung der Strahlungssituation in kontaminierten Gebieten und die

Kriterien, die bei Entscheidungen beachtet wurden, vorgestellt und diskutiert wurden, war Hauptgegenstand der beiden Seminare vom 3. bis 4. März 1998 und vom 12. bis 13. November 1998 in Paris der Versuch, die verschiedenen Etappen nach dem Unfall zu klassifizieren, notwendige Entscheidungsprozesse zu identifizieren und Lösungswege aufzuzeigen, wie die Entscheidungen unter Einbeziehung der betroffenen Bevölkerung zu treffen sind. Die Konzentration auf die Spätphase nach großen radiologischen Unfällen und die Vernachlässigung anderer Interventionssituationen ist eine Folge der noch ungelösten Probleme nach der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl. Die Erfahrungen des EU-Projektes ETHOS dominierten deshalb bei den Diskussionen. Hier konnte in dem belorussischen Ort Olmany demonstriert werden, daß man Passivität und Indifferenz der betroffenen Bevölkerung überwinden und durch deren Einbeziehung in Entscheidungen das Verhalten so beeinflussen kann, daß eine starke Verringerung der Strahlenbelastung nachweisbar ist und die Bevölkerung ihr Leben in dem kontaminierten Gebiet akzeptiert und bewußt gestaltet.

Die Diskussionen fanden auf beiden Seminaren in kleineren Arbeitsgruppen statt. In zwei Vorträgen wurden die schwedischen und deutschen Vorsorgemaßnahmen und die entsprechenden gesetzlichen Regelungen vorgestellt. Es bestand aber Übereinstimmung darüber, daß diese vor allem die Früh- und mittlere Phase nach einem Unfall regeln, jedoch nur wenig Hilfe für die Spätphase bieten, die Hauptgegenstand des EURETHOS-Projektes ist.

Sitzung der Working Group on Science and Technology (WGST) des CRPPH

W. Kraus

Wichtigster Tagesordnungspunkt der Sitzung der WGST des CRPPH vom 11. bis 12. Mai 1998 in Paris war eine ausführliche Diskussion des Entwurfs einer ICRP-Publikation zum Problem des Strahlenschutzes bei chronischen Expositionssituationen. Der vorgelegte Entwurf wurde einhellig

begrüßt. Die Arbeitsgruppe machte eine Reihe detaillierter Vorschläge, um den Text zu erweitern und zu ergänzen.

Der Problemkomplex der Freigabewerte und der Richtwerte beim Strahlenschutz für natürlich vorkommende radioaktive Materialien (NORM) wurde kurz diskutiert. Das Problem sollte auf dem 56. Treffen des CRPPH ausführlich diskutiert werden. – Arbeitsplätze mit Radonexpositionen, soziale Aspekte bei Entscheidungsprozessen und Ansätze zu einem integrierten Risiko-Management waren weitere Tagesordnungspunkte.

56. Treffen des Committee on Radiation Protection and Public Health (CRPPH)

W. Kraus

Das 56. Treffen des CRPPH vom 13. bis 14. Mai 1998 in Paris wurde durch eine Übersicht über die zukünftigen Arbeitsprogramme der OECD und der NEA durch den Generaldirektor der NEA, L. Echavarri, eingeleitet. Zur Zeit wird ein „Strategischer Plan“ erarbeitet, der nach Verabschiedung Grundlage der Diskussion über die Revision der Struktur der NEA, das heißt des Sekretariats, aller Komitees und damit auch des CRPPH und der Arbeitsprogramme, sein wird.

Eine Task Group des Liaison Committees on Decommissioning Activities der NEA hatte ein Positionspapier erarbeitet, in dem Freigabewerte auf der Grundlage einer gesamtwirtschaftlichen Optimierung abgeleitet wurden und höher liegen als diejenigen, die nach den Kriterien trivialer Dosen ($10 \mu\text{Sv/a}$) bestimmt werden. Auf Inkonsistenzen im Vergleich zur Freigabe von Materialien, die mit natürlich radioaktiven Substanzen kontaminiert sind, wurde hingewiesen. Das CRPPH sieht hier eine wichtige Zukunftsaufgabe und ist bereit, gemeinsam mit der IAEA entsprechende Grundsatzpapiere zu erarbeiten.

Das Arbeitspapier der Subgroup on Radiation Health Sciences mit einer gut lesbaren Analyse des gegenwärtigen Wissensstandes über die Wirkung kleiner Dosen und der nach wie vor existierenden Unsi-

cherheiten sowie des zu erwartenden Wissenszuwachses wurde zur baldigen Veröffentlichung als NEA-Dokument empfohlen. Dabei wurde deutlich gemacht, daß es ein Diskussions- und kein Positionspapier ist.

Zwei Arbeitsgruppen des CRPPH befassen sich mit der Einbeziehung sozialer Aspekte in Strahlenschutzentscheidungen und mit dem integrierten Risiko-Management. Die Arbeitsgruppe über soziale Aspekte im Strahlenschutz wird zunächst versuchen, wesentliche Schritte im Entscheidungsprozeß einschließlich der Identifizierung der einzubeziehenden Partner zu definieren und zu klären, welche unterschiedlichen Aufgaben zu lösen sind. Außerdem sollen Fallstudien zur Nutzung bereits gemachter Erfahrungen bei entsprechenden Entscheidungsprozessen unternommen werden. Die Arbeitsgruppe über das Risiko-Management wird sich im wesentlichen mit der integrierten Risikobewertung bei Strahlung und karzinogenen toxischen Stoffen befassen und untersuchen, welche Unterschiede bei der Risikobehandlung im Strahlenschutz, bei der nuklearen Sicherheit und bei der Behandlung radioaktiver Abfälle bestehen.

Das Information System on Occupational Exposure (ISOE)-Programm, die größte internationale Datenbank über berufliche Strahlenexposition bei der Arbeit in Kernkraftwerken, wird nach der Überprüfung und Neuorganisation sehr erfolgreich fortgesetzt. Es wird gemeinsam mit der IAEA betrieben. Insgesamt sind 363 Kernkraftwerke in der Betriebs- und 36 in der Stillenphase erfaßt.

Die INEX-2-Übungen zur nuklearen Unfallvorsorge laufen überaus erfolgreich, wobei die Bundesrepublik an allen Übungen intensiv beteiligt ist. Die Ergebnisse dieser Übungen werden planmäßig im Sommer 1999 publiziert werden. Damit ist das Programm abgeschlossen und die Arbeit der drei Arbeitsgruppen beendet. Es liegt wertvolles Arbeitsmaterial vor, das die Länder zur Vorbereitung weiterer nationaler oder internationaler Übungen nutzen können. Zur Zeit prüft die NEA, ob weitere internationale Übungen, evtl. in Zusammenarbeit mit der IAEA oder der EU, als INEX-3 organisiert werden sollen. Das CRPPH befürwortet entsprechende Pläne.

Weitere Tagesordnungspunkte waren eine Übersicht über den aktuellen Stand der Erfassung äußerer und innerer Strahlenexposition in den Mitgliedsländern, die Organisation eines Workshops über regulatorische Aspekte bei der Stilllegung nuklearer Installationen und die Untersuchung der radiologischen Auswirkungen verschiedener Brennstoffzyklen als Zuarbeit für Paris Commission (PARCOM).

ICRP Committee No 4

W. Kraus

Schwerpunkt der Tagesordnung des von B. Winkler geleiteten Treffens des Komitee 4 vom 15. bis 19. Juni 1998 in Madrid war die Diskussion von zwei Entwürfen zukünftiger Empfehlungen der ICRP, die jeweils von einer Task Group erarbeitet wurden.

Prinzipien des Schutzes der Bevölkerung gegen chronische Strahlenexposition: Konkrete Empfehlungen der ICRP zu dieser Thematik werden dringend benötigt, da in vielen Ländern aktuelle Fragestellungen in bezug auf diese Interventionssituationen gelöst werden müssen: bergbauliche und andere industrielle Altlasten, Kontaminationen in der Nähe früherer Produktionsstätten für Kernwaffen und in Kernwaffentestgebieten, aufgegebene industrielle Standorte mit ungenügender Beachtung des Strahlenschutzes in der Vergangenheit (Verarbeitung von Radium oder Thorium), Nutzung kontaminierter Produkte wie Nahrungsmittel, Düngemittel, Rohstoffe usw. Nur für das Problem der erhöhten Exposition durch Radon in Wohnungen existieren bereits Empfehlungen der ICRP. Um keine Inkonsistenz mit Interventionsrichtwerten bei Unfallsituationen und für Radon in Wohnungen zu erhalten, wird für die oben genannten Interventionssituationen an Richtwerte in der Größenordnung von 10 mSv/a gedacht.

Strahlenschutz der Bevölkerung als Folge der Endlagerung langlebiger fester radioaktiver Abfälle aus Anwendungen (practices): Noch nicht gelöst ist u. a. die Beurteilung möglicher später menschlicher Einwirkungen, die Notwendigkeit institutioneller Kontrollen des Endlagers, anzuwen-

dende Dosis- und Risikoschranken (constraints) und anwendbare Sicherheitsindikatoren.

Weitere auf dem Treffen des Komitee 4 diskutierte Themen waren Gedanken zu einem neuen Konzept des Strahlenschutzes auf der Basis kontrollierbarer Individualdosen, Kriterien für den Schutz der Umwelt zusätzlich zum Schutz der Gesundheit des Menschen, Strahlenexpositionen in der Luft- und Raumfahrt sowie offene Fragen bei der Freisetzung von Radionukliden in die Umwelt.

11. Internationaler Meßvergleich zur Bestimmung der Umweltra-dioaktivität

Ch. Brummer, A. Deller

Seit 1991 beteiligen sich Meßteams des Bundesamtes für Strahlenschutz an internationalen Meßvergleichen, bei denen von mobilen Umweltmeßlabors in ausgewählten Gebieten Messungen der Umweltra-dioaktivität, insbesondere mit Hilfe der In-situ-Gammaspektrometrie, durchgeführt werden. Diese Meßkampagnen stellen aufgrund der Besonderheiten der bei der 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 20 Meßteams aus der Slowakei, Österreich, Belgien, der Tschechischen Republik, Ungarn, Slowenien und Deutschland beteiligten, fand vom 21. bis 25. September 1998 in Závazná Poruba, Slowakei, statt. Das Bundesamt für Strahlenschutz war durch ein Meßteam aus dem Fachbereich Strahlenschutz vertreten.

Neben der Bestimmung von massenspezifischen Aktivitäten natürlicher Radionuklide und flächenspezifischen Aktivitäten künstlicher Radionuklide im Boden lag ein weiterer Schwerpunkt der durchzuführenden Messungen im Aufspüren und Analysieren von verborgenen radioaktiven Quellen. Hierbei waren drei spezielle Aufgaben zu bearbeiten:

- Auffinden von verborgenen Quellen mit einem Meßfahrzeug, ohne das Meßfahrzeug zu verlassen. In möglichst kurzer Zeit waren die genauen Positionen, die Abstände vom Straßenrand sowie die Aktivitäten der Quellen zu bestimmen.
- Dosisleistungsmessungen an einer Co-60-Punktquelle.
- Messungen an unbekannten, im Boden vergrabenen Quellen. Zu bestimmen war jeweils das Radionuklid, die Bodentiefe sowie die Aktivität der Quelle.

Eine weitere Meßaufgabe war die quantitative Bestimmung von Radionukliden im Wasser des Stausees Liptovska Mara mit Hilfe der In-situ-Spektrometrie. Alle Messungen waren unverzüglich vor Ort auszuwerten und die Ergebnisse dem Veranstalter auszuhändigen. Meßteams aus mehreren Ländern berichteten im Rahmen des Treffens über neue methodische Entwicklungen auf dem Gebiet der In-situ-Spektrometrie.

Das Meßteam des Bundesamtes erzielte bei allen Aufgabenstellungen gute bis sehr gute Resultate.

Fortluftüberwachung bei Kernkraftwerken: Zusammenarbeit des BfS mit EDF und OPRI

P. Gesewsky

Am 24. und 25. März 1998 fand in Neuherberg ein Fachgespräch zwischen Vertretern des BfS und Mitarbeitern der Electricite de France (EDF) sowie des Office de Protection Contre Les Rayonnements Ionisants (OPRI) statt. Ziel des Gespräches war die Vorstellung der deutschen Vorschriften (Regelwerk des kerntechnischen Ausschusses, Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung sowie zur Kontrolle der Eigenüberwachung usw.) zur Überwachung der Fortluft bei Kernkraftwerken.

Besonderes Interesse bestand an der Probenentnahme und Messung von Kohlenstoff-14 in der Fortluft von kerntechni-

schen Anlagen in Deutschland, da bei den Anlagen der EDF zur Zeit noch keine kontinuierliche Erfassung dieses Radionuklids bestehe, dies aber vorgesehen sei. Die verschiedenen Probenentnahmesysteme sowie die radiochemische Aufarbeitung und Messung der Proben wurden ausführlich dargestellt und besprochen. Insbesondere wurden die Vorteile der Molekularsiebmethode für die Emissionsüberwachung von Kohlenstoff-14 aus der Sicht des BfS hervorgehoben.

Es wurde vereinbart, Sammelproben aus einer französischen Referenzanlage zu analysieren, bis in Frankreich eine entsprechende Analytikroutine etabliert ist. In der Zwischenzeit sind bereits mehrere dieser Analysen durchgeführt worden. Die Zusammenarbeit soll auch 1999 fortgesetzt werden.

Research Coordination Meeting on Intercomparison and Biokinetic Model Validation of Radionuclide Intake Assessment Wien, 6. bis 8. Juli 1998

K. Dettmann

Grundanliegen des Meetings war die Auswertung eines internationalen Vergleichsprogramms auf dem Gebiet der inneren Dosimetrie, das unter Federführung der IAEA in den Jahren 1997/98 im Rahmen eines Co-ordinated Research Programme (CRP) in weltweitem Maßstab durchgeführt wurde. Erstmals war die Übung auch auf Länder außerhalb von Europa und der Vereinigten Staaten ausgedehnt (Teilnehmer aus 25 Ländern). Auch das Fachgebiet ST 3.2 des BfS nahm erstmalig an dem Dosisvergleich teil.

Ziele des von der IAEA gestarteten Vergleichsprogramms waren:

- den Teilnehmern die Möglichkeit zur Prüfung der Qualität ihrer Dosisberechnungsmethoden zu geben,
- die unterschiedlichen Verfahrensweisen zur Berechnung der internen Dosis zu vergleichen,

- die Differenzen bei der Berechnung der internen Dosis basierend auf verschiedenen Annahmen und Verfahrensweisen zu quantifizieren,
- den Teilnehmern ein Forum für eine breite Diskussion der Ergebnisse und Methoden zu bieten, um eine konsistentere Interpretation der Überwachungsergebnisse zu erreichen.

Wie auch in den vorangegangenen Inter-comparison-Übungen traten deutliche Differenzen in den Ergebnissen auf; die Ursachen waren vielfältig; sie lagen außer in sehr unterschiedlichen Modellannahmen in den sehr verschiedenen Voraussetzungen der einzelnen Teilnehmer sowohl den Kenntnisstand betreffend als auch hinsichtlich der verwendeten Dosisberechnungsprogramme.

Das durchgeführte Vergleichsprogramm war ein bedeutender Schritt in die Richtung einer einheitlicheren Interpretation von Meßergebnissen in der inneren Dosimetrie. Die dreitägige Diskussion der Ergebnisse führte zu wichtigen Schlußfolgerungen über die Verbesserung von internationalen Vergleichsprogrammen auf diesem Gebiet. Insbesondere wurde abgeleitet, daß für künftige Ringversuche eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet werden muß, die durch noch deutlichere Fallbeschreibungen und eindeutige Vorgaben für die Ergebnisangabe erreicht werden kann. Die Interpretation sollte auf einer einheitlichen Anwendung biokinetischer und dosimetrischer Modelle basieren, die letztendlich ihre Verankerung auch in der nationalen Strahlenschutzgesetzgebung finden muß.

Das Fachgebiet konnte bei seiner Teilnahme gute Ergebnisse erzielen und selbst wichtige Konsequenzen für die Organisation und Bewertung von nationalen Ringversuchen im Rahmen der Aufgaben der Leitstelle für Inkorporationsüberwachung ziehen. Der Abschlußreport soll bis Ende 1998 als IAEA-TECDOC zur Stellungnahme an die Teilnehmer versandt werden.

Concerted Actions im Rahmen des „Nuclear Fission Safety Research and Training Programme“ der EU „Retrospectively Estimated Radon in Areas Affected by Uranium Mining Activities“ and „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“).

Die nachfolgenden Institutionen sind als „associated contractors“ tätig:

- University College Dublin (UCD),
- Universität Gent (UG),
- Lunds University Hospital (Lund),
- Studiecetrum Kernenergie Mol (SCK-CEN).

Die Concerted Action dient der Erprobung der von den beteiligten Partnern innerhalb des ebenfalls von der EU geförderten Forschungsvorhabens R.A.R.E. ausgearbeiteten Methoden zur retrospektiven Bestimmung der Mittelwerte von Radonkonzentrationen bzw. Radonexpositionen über zurückliegende Zeiträume in Wohngebäuden. Dafür wurden folgende konkrete Aufgaben als Arbeitsprogramm der Concerted Action vereinbart:

- Planung und Organisation des praktischen Einsatzes der von den beteiligten Partnern ausgearbeiteten Verfahren in entsprechend den Anforderungen auszuwählenden Gebäuden und unter realen Wohnbedingungen im sächsischen Bergbauggebiet und in angrenzenden Gebieten,
- Erfassung der Meßdaten und der sie beeinflussenden Parameter in Datenbanken und ständiger Austausch der Informationen zwischen den Partnern,

- Qualitätssicherung der Messungen durch parallelen Einsatz unterschiedlicher Verfahren, durch Meßvergleiche an entnommenen Materialproben und durch Kalibrierungen der Meßverfahren unter Nutzung leistungsfähiger Labor-meßanordnungen,
- Planung und Organisation der Erfassung und Bewertung von für die Auswertung der im Rahmen der CA erfolgten Messungen erforderlichen zusätzlichen Parametern in den Gebäuden und im Labor,
- Planung, Organisation und Durchführung von Meetings und Workshops für die Abstimmung der Arbeiten, die Diskussion der Zwischenergebnisse und die Ableitung der jeweils folgenden Arbeitsschritte und erforderlicher weiterer Untersuchungen sowie für die Einbeziehung weiterer Spezialisten entsprechend den jeweiligen Erfordernissen,
- Abstimmung und Durchführung von Untersuchungsprogrammen, die für die Erfolgsbewertung der Methoden zur retrospektiven Expositionsbestimmung wichtige Informationen oder Erkenntnisse liefern können. Insbesondere sind hier radiologische in-vivo Untersuchungen von Bewohnern der Gebäude sowie spezielle Untersuchungen zum plate-out-Effekt in den BfS Kalibrierkammern und unter realen Wohnbedingungen zu nennen.

Ziel der CA „Retro“ ist es, zur Beurteilung der Anwendbarkeit, der Vorteile und der Grenzen der von den Partnerinstitutionen ausgearbeiteten Methoden beizutragen. Besondere Bedeutung erlangt die CA „Retro“ dadurch, daß nach erfolgreichem Abschluß eine Validierung der Expositionsdaten für den Aufenthalt in alten Wohngebäuden möglich werden könnte. Diese Expositionsdaten bilden die Grundlage für die Bewertung von Strahlenexpositionen durch Radonzerfallsprodukte.

1997 und 1998 wurden umfangreiche Untersuchungen in Gebäuden in den Bergbauregionen Sachsens sowie in den an der CA „Retro“ beteiligten Laboratorien durchgeführt und die Meßwerte und Untersuchungsergebnisse auf mehreren Meetings/Workshops ausgewertet und

Fachbereich Strahlenschutz

Internationale Zusammenarbeit

diskutiert sowie das weitere Arbeitsprogramm detailliert festgelegt (vergl. Beitrag als Wissenschaftlicher Kurzbericht des Fachbereichs Strahlenschutz).

Weiterhin ist das BfS als Partnerinstitution an einer vom britischen Building Research Establishment BRE organisierten Concerted Action „European Research into Radon in Construction“ (ERRICCA) 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 rechtlichem, 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. Dies konnte 1998 durch Teilnahme an einem „Researcher Exchange“ mit Aufenthalt in mehreren Ländern und Institutionen erfolgreich realisiert werden.

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.

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 (Con-

vention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic), im folgenden „OSPAR-Übereinkommen“ genannt, am 22. September 1992 in Paris unterzeichnet und am 23. August 1994 ratifiziert. Das OSPAR-Übereinkommen ist am 28. März 1998 in Kraft getreten.

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 OSPAR-Kommission.

Die Facharbeit dieser Kommission wird thematisch in Arbeitsgruppen aufgeteilt. Die Arbeitsgruppe „Radioaktive Stoffe“ (Working Group on Radioactive Substances) erarbeitet Programme und Maßnahmen, um

- Verschmutzungen der Meeresumwelt durch anthropogene Ableitungen radioaktiver Stoffe einschließlich Abfall zu verhüten und zu beseitigen und
- radioaktive Ableitungen in die Meeresumwelt durch die Anwendung der „besten verfügbaren Technik“ zu reduzieren oder zu eliminieren.

Vom 20. bis zum 24. Juli 1998 fand auf Einladung der Portugiesischen Regierung in Sintra die konstituierende Sitzung der OSPAR-Kommission auf Ministerebene statt.

Eines der Hauptthemen der Sitzung war die Verabschiedung von Zielen des OSPAR-Übereinkommens hinsichtlich radioaktiver Stoffe. Vor der Sitzung in Sintra wurden diese Ziele mehrfach kontrovers diskutiert, so auf der Sitzung der OSPAR-Arbeitsgruppe „Working Group on Radioactive Substances“ vom 19. – 23. Januar 1998 in Stockholm, die vom Berichterstatter geleitet wurde, auf dem „Programme and Measures Committee“ vom 30. März – 3. April 1998 in Reykjavik und schließlich auf dem Treffen der Dele-

gationsleiter „Heads of Delegations of the Oslo and Paris Commissions“ vom 11. – 14. Mai 1998 in London. Folgende Formulierung des Ziels wurde schließlich, auf starken Druck der französischen Umweltministerin, von den Ministern der Vertragsstaaten verabschiedet:

Im Einklang mit dem allgemeinen Ziel besteht das Ziel der Kommission in bezug auf radioaktive Stoffe einschließlich Abfällen darin, Verschmutzungen des Meeresgebietes durch ionisierende Strahlen durch fortschreitende, substantielle Verminderung von anthropogenen Ableitungen, Emissionen und Verlusten radioaktiver Stoffe zu vermeiden, mit dem endgültigen Ziel von Konzentrationen in der Umwelt nahe den Hintergrundwerten für natürlich vorkommende radioaktive Stoffe und nahe Null für künstliche radioaktive Stoffe. Beim Erreichen des Ziels sollte unter anderem in Betracht gezogen werden:

- Rechtmäßige Nutzungen des Meeres,
- die technische Machbarkeit,
- die radiologischen Auswirkungen auf den Menschen und auf Organismen.

Diese Strategie wird entsprechend dem folgenden Zeitrahmen umgesetzt:

Bis zum Jahr 2000:

Die Kommission arbeitet für das gesamte Meeresgebiet weiterhin an dem Erreichen einer substantiellen Verminderung oder Beseitigung der Ableitungen, Emissionen und Verluste radioaktiver Stoffe.

Bis zum Jahr 2020:

Die Kommission stellt sicher, daß Ableitungen, Emissionen und Verluste radioaktiver Stoffe auf Werte reduziert werden, so daß die aus diesen Ableitungen, Emissionen und Verlusten radioaktiver Stoffe resultierenden Konzentrationsanstiege in der Meeresumgebung, über den historischen Konzentrationen, nahe Null sind.

Das in Sintra verabschiedete OSPAR-Ziel bezüglich radioaktiver Stoffe muß nun auf der nächsten Sitzung der Arbeitsgruppe „Working Group on Radioactive Substances“, vom 19. – 22. Januar 1999 in Dublin, in konkrete Maßnahmen umgesetzt werden. Der in der Strategie enthaltene Zeitrahmen ist bei diesen Maßnahmen zu berücksichtigen.

Weitere Themen im Bereich "Radioaktive Stoffe" bei der Sintra Sitzung waren

- das Verbot des Einbringens schwach- und mittelfradioaktiver Abfälle auf See und
- die Besorgnis einiger Vertragsstaaten über die jüngsten Erhöhungen der Einleitungen von Technetium-99 aus der Wiederaufarbeitungsanlage in Sellafield.

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. Die dritte Sitzung dieser Task Group (15. – 19. Juni 1998 in Madrid) hatte zum Ziel, den vorliegenden Entwurf des Berichtes anhand der Hinweise der Hauptkommission und des parallel tagenden Komitees 4 zu überarbeiten.

Neben Fragen der Darstellung (z. B. der Balance zwischen Empfehlungen für neue Sachverhalte und der Wiederholung von bereits publizierten Statements der ICRP, auf denen die neuen Empfehlungen beruhen) wurden Fragen des Ersatzes bisher verwendeter Begriffe (z. B. „chronic exposure“, „total dose“) diskutiert. Um nicht die Diskussion über die Bedeutung von oberen und unteren Referenzwert ungewollt neu zu beleben, wurde das Kapitel über die Referenzwerte neu gestaltet.

Kontrovers diskutiert werden zur Zeit noch Empfehlungen für Gebrauchsgüter einschließlich Nahrungsmitteln, die in Interventionssituationen relativ hohe Konzentrationen an Radionukliden aufweisen können und beispielsweise bei der Rückkehr zur Normalität nach einem Unfall eine entscheidende Rolle spielen. Das Problem dabei ist, wie können unterschiedliche Akzeptanzniveaus, die sich aus dem Rechtfertigungs- und Optimie-

rungsgrundsatz von Interventionsmaßnahmen ergeben, mit der Notwendigkeit der Standardisierung bei Handelsgütern in Einklang gebracht werden. Zur Zeit erstreckt sich die Diskussion von der Frage, ob dieses Problem überhaupt im Zusammenhang mit diesem Bericht zu behandeln sei, über die Empfehlung von lediglich allgemeinen Kriterien bis zur Empfehlung von Werten, bei deren Unterschreitung eine Beachtung im Strahlenschutz nicht erforderlich wäre.

Zur Lösung der noch ausstehenden Probleme sind zwei weitere Sitzungen der Task Group erforderlich. Da der Bericht der Arbeitsgruppe sowohl im Komitee 4 als auch in der Hauptkommission nochmals diskutiert wird, ist mit seinem Erscheinen frühestens Ende 1999 zu rechnen. Das ist bedauerlich, weil eine schnelle Veröffentlichung eines ICRP-Berichtes über die Problematik chronischer Expositionen nötig wäre, da in vielen Ländern die Lösung entsprechender Probleme ansteht,

Chinesische Gastwissenschaftler

K. Vogl

Von Anfang April bis Mitte Mai 1998 besuchten zwei Gastwissenschaftler aus dem China Institute for Radiation Protection (CIRP), Frau Ren Xiaona und Herr Wang Jingrong, das BfS. Zweck des Besuches war eine Zusammenarbeit auf folgenden Gebieten:

- Bestimmung der Ableitung von luftgetragenen und flüssigen radioaktiven Stoffen aus kerntechnischen Anlagen,
- Berechnung der daraus entstehenden Strahlenexposition der Bevölkerung,
- Aerogammaspektrometrie.

Während ihres Aufenthaltes wurden den beiden Gastwissenschaftlern die Verfahren und Methoden der In-situ-Spektrometrie und der Aerogammaspektrometrie, der Probenentnahme aus der Fortluft von kerntechnischen Anlagen und der Überprüfung von Probenentnahmesystemen und der Messung der Aktivitätskonzentrationen

von radioaktiven Edelgasen in der Fortluft dargestellt. Beide Wissenschaftler arbeiteten bei der radiochemischen Aufbereitung von Filterproben, die Aktinidenisotope und Strontium-Isotope enthielten, mit. Sie führten auch alphaspektrometrische Messung dieser Meßpräparate und betaspektrometrische Messung durch.

Treffen der Working Group 14 der ISO/TC85/SC2 zur Erstellung der ISO-Norm „Sampling of airborne radioactive substances“

K. Vogl

Vom 5. bis 7. Oktober 1998 fand in Genf ein Treffen der Working Group 14 des Subcommittee 2 des Technical Committee 85 der International Standard Organisation statt. Die Working Group 14 befaßt sich mit der Fortschreibung der ISO-Norm 2889 „Sampling of airborne radioactive substances“. Gastgeber war CERN. An dem Treffen nahmen zwei Vertreter aus den Vereinigten Staaten von Amerika und jeweils ein Vertreter aus Frankreich, Polen, Schweden, Japan und Deutschland sowie ein Beobachter aus der Volksrepublik China teil. Deutschland wurde durch Herrn Dr. Vogl vom Bundesamt für Strahlenschutz vertreten.

Bei der Neufassung der Norm ISO 2889 wurde von allen Beteiligten als neuer Ansatz aufgegriffen, für die Probenentnahme aus Kanälen und Kaminen durch geeignete Mittel die Geschwindigkeits- und Aktivitätskonzentrationsverteilungen am Probenentnahmeort möglichst uniform zu gestalten. Insbesondere von der Seite der Vertreter der Vereinigten Staaten von Amerika wird darüber hinaus angestrebt, nur eine einzige Probenentnahmesonde vom Hüllrohrsondentyp einzusetzen. Die Vertreter der europäischen Länder, insbesondere von Frankreich und Deutschland, wollen jedoch als zumindest gleichrangiges Mittel für eine repräsentative Probenentnahme die Probenentnahme mit mehreren Probeentnahmesonden beibehalten. Unterschiedliche Auffassungen gibt es zur Zeit auch bei den Fragen einer

abgestuften Auslegung von Probenentnahmesystemen und von Probenentnahemaßnahmen sowie bei der Festlegung von Testmaterialien. Insbesondere der deutsche Vertreter favorisierte dabei den Standpunkt, daß die Mengenverteilung von Testaerosolpartikelkollektiven der gemessenen oder zu erwartenden Aktivitätsverteilung bei den einzelnen kerntechnischen Anlagen angepaßt sein müßte.

Konsultanten-Treffen zur Erarbeitung eines Technischen IAEA-Dokumentes „Generic Procedures for Environmental and Source Monitoring during a Radiological Emergency“

I. Winkelmann

Vom 9. bis 20. März 1998 fand in Wien das dritte Konsultanten-Treffen zur Erarbeitung eines Technischen IAEA-Dokumentes „Generic Procedures for Environmental and Source Monitoring during a Radiological Emergency“ statt. Dieses Dokument soll die bereits im Jahre 1997 publizierten IAEA-Dokumente 953 „Method for the Development of Emergency Response Preparedness for Nuclear or Radiological Accidents“ (IAEA-TECDOC-953) und 955 „Generic Assessment Procedures for Determining Protective Actions during a Reactor Accident“ (IAEA-TECDOC-955) ergänzen. Es war dies das dritte Konsultanten-Treffen zu diesem Thema seit September 1997. Aufgabe der Arbeitsgruppe war, relevante Meßverfahren zur Aktivitätsbestimmung von Radionukliden in verschiedenen Medien in der Frühphase von Unfällen in kerntechnischen Anlagen in einem Handbuch zusammenzustellen, die Anwendungsbereiche der einzelnen Meßverfahren zu beschreiben, deren einschränkende Einflußgrößen aufzuzeigen und insbesondere die einzelnen Verfahrensschritte und Handlungsanweisungen zur Durchführung der Messung detailliert darzustellen. Die Schwerpunkte der Zusammenarbeit an diesem Dokument waren die Abschnitte Umweltradioaktivitätsmessungen, Gammaskpektrometrie, hier insbesondere die In-situ-Gammaskpektrometrie, einige Beiträge zur radiochemische Analy-

tik und insbesondere das neu aufgenommene Kapitel über Messungen der Umweltradioaktivität mit Hubschraubern.

Die Arbeiten an dem Arbeitsdokument einschließlich der Arbeitsblätter, Gerätelisten und Anhänge konnte abgeschlossen werden. Es ist vorgesehen, Ende des Jahres 1998 die bis dahin eingegangenen Stellungnahmen in einer weiteren Arbeitssitzung zu bewerten und in das Dokument einzuarbeiten.

Internationale Vergleichsmessung mit Hubschraubern im Jahr 2000

I. Winkelmann

Am 8. und 9. Oktober 1998 traf sich im Forschungs- und Reaktorzentrum der Schottischen Universität in Glasgow eine Arbeitsgruppe zu einer Besprechung über die für das Jahr 2000 angesetzte zweite internationale Übung zur Messung der Umweltradioaktivität mit Hubschraubern.

Zweck dieser ersten Zusammenkunft war, die Ziele der Übung zu definieren und logistische Probleme, die eine derartige grenzüberschreitende Übung mit sich bringen, aufzugreifen und frühzeitig zu lösen. Ziel der Übung wird neben der Durchführung von nuklidspezifischen Messungen zur Bestimmung der Bodenkontamination das länderübergreifende Zusammenwirken mehrerer Einheiten in einem vorgegebenen Raum sein. Es wurde zunächst ein Kriterienkatalog zu den einzelnen Themen erarbeitet. Umgesetzt wurden dabei auch die Erfahrungen, die bei der ersten internationalen Übung mit Hubschraubern in Finnland im Jahre 1995 gewonnen worden waren. Eine weitere wichtige Frage war die Finanzierung der Übung, für die grundsätzlich neben der jeweiligen nationalen Förderung auch Mittel der Europäischen Union in Frage kommen.

Mögliche Übungsgebiete in Schottland, Schweden und Deutschland wurden diskutiert. Eine abschließende Entscheidung über das Land, in dem die Übung stattfinden soll, ist noch nicht getroffen.

Langfristiges Ziel ist, hubschraubergeschützte Meßsysteme, die in den meisten europäischen Ländern vorzugsweise für Messungen der natürlichen Umweltradioaktivität im Rahmen geologischer Untersuchungen eingesetzt waren, so zu ertüchtigen, daß sie für großräumige und schnelle Messungen der Umweltradioaktivität nach störfallbedingten Freisetzen aus kerntechnischen Anlagen eingesetzt werden können, wie dies in Deutschland bereits durch die Entwicklung entsprechender Rüstätze geschehen ist. Entsprechende Systeme stehen im Bundesamt für Strahlenschutz seit 1993 zur Verfügung.

Konsultanten-Treffen zur Entwicklung einer „Datenbank für Ableitungen von Radionukliden in die Umwelt“

I. Winkelmann

Vom 19. bis 22. Oktober 1998 fand in Wien das zweite Treffen einer Arbeitsgruppe zur Erarbeitung eines IAEA-Berichtes „Development of Database on the Discharges of Radionuclides to the Atmosphere and Aquatic Environment (DIRATA)“ statt. Bei einem ersten Treffen dieser Arbeitsgruppe im Jahre 1997 ging es zunächst darum, die Anforderungen an eine derartige Datenbank zu diskutieren, die Inhalte und die Struktur des Berichtes festzulegen sowie den Rahmen für die Datenerhebungen nach einheitlichen Kriterien für die unterschiedlichen Anlagen in den einzelnen Ländern abzustimmen. Aufgabe war, die Anforderungen herauszuarbeiten, die an eine Datenbank über radioaktive Ableitungen in die Umwelt aus Kernkraftwerken, Anlagen aus dem Kernbrennstoffkreislauf, Forschungsreaktoren, Uranbergbau- und Aufarbeitungsanlagen und aus anderen Einrichtungen, in denen mit Radionukliden umgegangen wird (Medizin, Forschung, Industrie) zu stellen sind. Ein langfristiges Ziel ist, bei der IAEA eine Datenbank über radioaktive Emissionen in die Umwelt aufzubauen, die als internationale Referenzdatenbank unter anderem für folgende Aufgaben herangezogen werden kann:

Fachbereich Strahlenschutz

Internationale Zusammenarbeit

- Dokumentation der globalen radiologischen Auswirkungen durch die radioaktiven Emissionen,
- Vergleich der radioaktiven Ableitungen aus Kernkraftwerken und Anlagen des nuklearen Kernbrennstoffkreislaufes,
- Langfristige Verfolgung/Abschätzung der Emissionen,
- Abschätzung der regionalen und globalen Kollektivdosen,
- Abschätzung der Auswirkungen unfallbedingter Freisetzungen,

- Vergleichen der Abschätzung der Auswirkungen auf die Umwelt durch Ableitung aus anderen Anlagen zur Energieerzeugung.

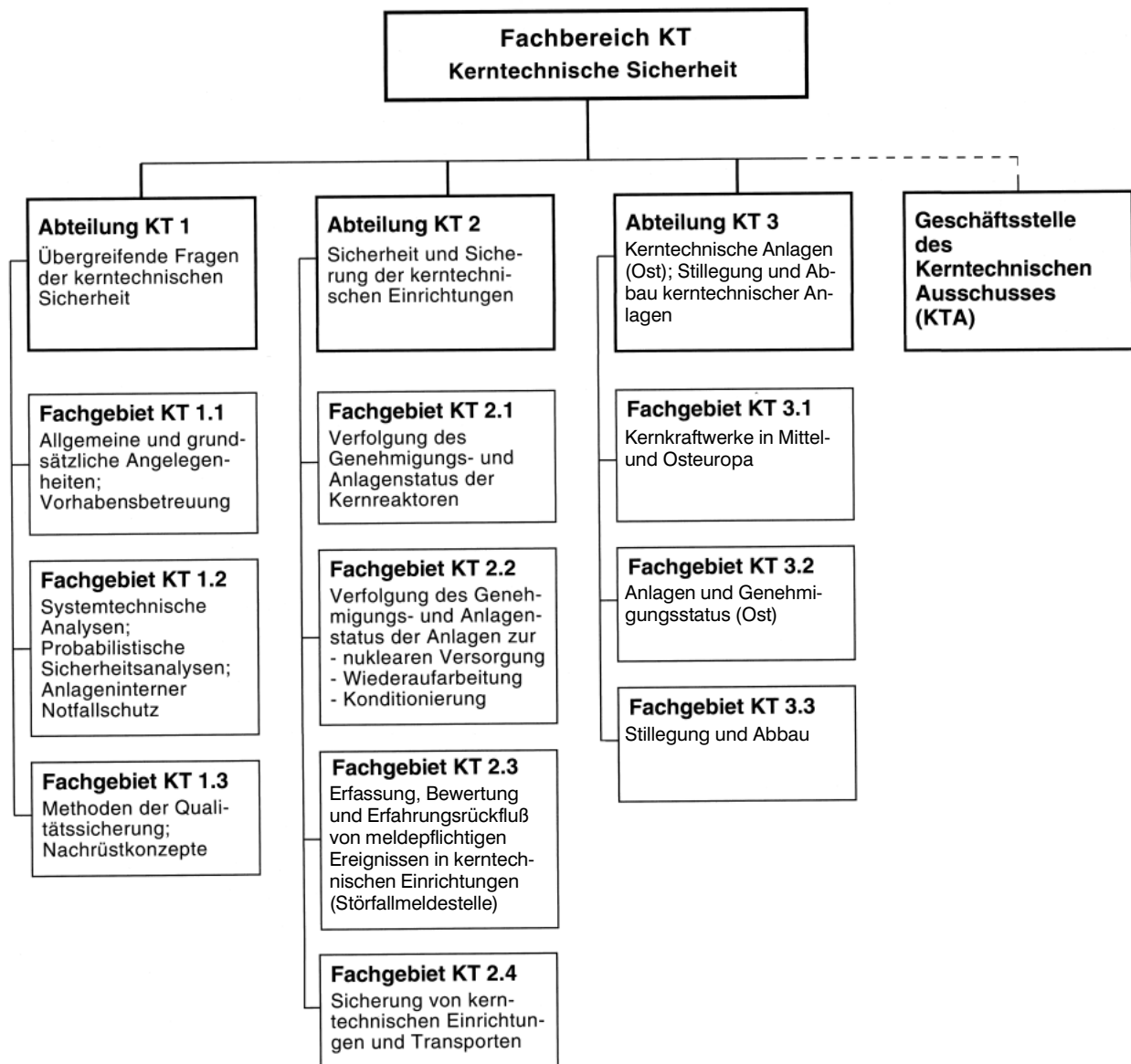
Auf der Grundlage des Berichtes, den die Arbeitsgruppe bei dem ersten Treffen im Jahre 1997 erarbeitet hatte, war im Auftrag der IAEA ein entsprechendes Datenbankprogramm entwickelt worden. Die vorgelegten Unterlagen über die Struktur des Programmes, die Datenein- und -ausgabe, der Handhabung und der Bildschirmdarstellung wurden durchgesprochen, die

Umsetzung der Anforderungen überprüft und notwendige Verbesserungen in Empfehlungen an den Programmentwickler und an die IAEA ausgesprochen.

Die Empfehlungen der Arbeitsgruppe an die IAEA und den Programmentwickler wurden in einem weiteren Bericht zusammengefaßt. Bis März 1999 sollen die Anforderungen und Empfehlungen umgesetzt sein und als funktionsfähiges Programmpaket vorgelegt werden. Die erste Erprobung soll bis Ende April 1999 abgeschlossen sein.

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Bericht des Fachbereichs



Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Bericht des Fachbereichs

Der Fachbereich Kerntechnische Sicherheit (KT) bearbeitet Themen im Zusammenhang mit Aufgaben und Verantwortung des Bundes auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit. Arbeitsergebnisse des Fachbereichs fließen in die Erarbeitung von bundeseinheitlichen Sicherheitsanforderungen ein und dienen der Unterstützung des Bundesumweltministeriums bei der Wahrnehmung der Bundesaufsicht über den Vollzug des Atomgesetzes.

Zu den Aufgaben des Fachbereichs gehören Fragestellungen der Genehmigung und der Aufsicht über Bau und Betrieb von Kernkraftwerken, Forschungsreaktoren und Anlagen des nuklearen Brennstoffkreislaufs. Der Störfallmeldestelle, ebenfalls Teil des Fachbereichs, obliegt die Erfassung und Bewertung von meldepflichtigen Ereignissen in kerntechnischen Anlagen.

Der Fachbereich wirkt bei der Koordinierung der Ressortforschung mit, er vergibt und betreut Untersuchungsaufträge auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit mit dem Ziel, den aktuellen Erkenntnisstand zu ermitteln und für die Analyse und Bewertung der Sicherheit kerntechnischer Anlagen verfügbar zu machen.

Seit Herbst 1998 prüft der Fachbereich KT im Rahmen eines standortunabhängigen Verfahrens nach § 7 c AtG auf Antrag der Siemens AG wesentliche Aspekte des Sicherheitskonzepts der neuentwickelten Siedewasserreaktorlinie SWR-1000.

Der Fachbereich KT unterstützt das Bundesumweltministerium auch bei der Zusammenarbeit mit anderen Staaten auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit. Schwerpunkt der fachlichen Mitwirkung bildet hierbei zum einen die Mitarbeit in Arbeitsgruppen und Fachgremien der internationalen Organisationen IAEA, OECD/NEA und EU, zum anderen wird in erheblichem Umfang Zuarbeit für die auf bilateraler Ebene bestehenden Kommissionen und Ausschüsse geleistet.

Im Berichtszeitraum hat der Fachbereich KT federführend bei der Erstellung des von der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen des IAEA-Übereinkommens zur nuklearen Sicherheit vorzulegenden nationalen Berichtes mitgewirkt.

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 Sicherheit kerntechnischer Anlagen. 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 des BMU bei der Koordinierung der Ressortforschungsvorhaben
- Koordinierung und fachliche Durchführung des Prüfverfahrens für Weiterent-

wicklungen der Sicherheitstechnik gemäß § 7 c AtG

- 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 regulatorischen multinationalen Zusammenarbeit, insbesondere in den zuständigen Komitees der OECD/NEA.

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),

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Bericht des Fachbereichs

- 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.

Abteilung KT 2 Sicherheit und Sicherung der kerntechnischen Einrichtungen

Der Aufgabenbereich dieser Abteilung umfaßt die Unterstützung des BMU bei der Zweckmäßigkeitssicherung über die Genehmigungs- und Aufsichtstätigkeit der Länder in atomrechtlichen Verfahren, 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.

Mit der Verabschiedung der Änderungen zum Atomgesetz im Mai wurde dem BfS als weitere Amtsaufgabe die Unterstützung der zuständigen Landesbehörden bei der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr unter bestimmten Voraussetzungen übertragen. Eine weitere, neue Aufgabe ist die Unterstützung des BMU bei der

Umsetzung des Übereinkommens über nukleare Sicherheit.

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 jeweiligen 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 die

- 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 Unterrichtung 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

- der 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 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,

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Bericht des Fachbereichs

- der Erarbeitung von Konzepten für nukleare Nachsorgefälle und
- der Bearbeitung des „Handbuchs der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr“ und zugehöriger Stofflisten.

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 Regelgebung auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit mit.

Die Aufgabenschwerpunkte der Abteilung bestehen in der:

- Unterstützung des BMU bei der Zweckmäßigkeitsschau über Stilllegung, sicheren Einschluß und Abbau von Kernreaktoren und Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufes,
- Unterstützung des BMU bei der Zweckmäßigkeitsschau über die Genehmigungs- und Aufsichtstätigkeit der Länder hinsichtlich der Sicherheit von Kernreaktoranlagen und Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufes 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 IAEA.

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 Verbesserung 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.

Aufgaben des Fachgebiets KT 3.2 **Anlagen- und Genehmigungsstatus (Ost)** sind in erster Linie:

- die Dokumentation 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 Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufes in den Staaten Mittel- und Osteuropas,
- die Erfassung und Bewertung des Genehmigungs- und Anlagenstatus sowie der technischen, organisatori-

schen und administrativen Vorkehrungen und Regelungen für den Notfallschutz kerntechnischer Anlagen,

- Beiträge zum internationalen Regelwerk der IAEA 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 sicheren 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 Zwischenlagerung 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

Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA)

Die wesentlichen Aktivitäten des Fachbereichs auf dem Gebiet der PSA lagen bei der Weiterentwicklung der PSA-Dokumente, der Betreuung und Initiierung von Untersuchungsvorhaben und der Verfolgung des aktuellen Stands der PSA-Methodik im internationalen Bereich.

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Bericht des Fachbereichs

Mit der Bekanntmachung und Inkraftsetzung der Leitfäden zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung für Kernkraftwerke (Grundlagen, deterministische Sicherheitsstatusanalyse, PSA) durch das BMU im Jahr 1997 wurde festgestellt, daß die in den Leitfäden zitierten ergänzenden Dokumente hinsichtlich der Methoden und der Datensammlung und -quantifizierung für die PSA sowie zur schutzzielorientierten deterministischen Anlagenüberprüfung fortgeschrieben werden sollen, um der Entwicklung des Kenntnisstandes kontinuierlich Rechnung zu tragen.

Im Berichtszeitraum wurde mit der Weiterentwicklung der umfangreichen Dokumente zu den Methoden der PSA und zur Datensammlung begonnen. Ergänzung- und Änderungsvorschläge zu diesen Dokumenten werden unter Vorsitz des BFS im Facharbeitskreis „Probabilistische Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke“ erarbeitet, einem Gremium, in dem Behörden, Hersteller, Gutachter, Betreiber und sonstige PSA-Anwender vertreten sind.

Die Fortschreibung 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 Leistungsbetriebes sowie Analysen externer Ereignisse, für die im vorliegenden Dokument zum jetzigen Zeitpunkt nur Grobanalysen vorgeschlagen werden.

Weitere Bereiche, in denen konkret mit der Bearbeitung begonnen wurde, sind die Verbesserung der Zuverlässigkeitsdatenbestimmung mit Hilfe des Superpopulationsansatzes und der Systematik zur Berücksichtigung von Unsicherheiten, die Fortschreibung vorgelegter PSAs im Sinne von Living-PSA sowie die Berücksichtigung von Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes.

Im Fachbereich KT werden Untersuchungsvorhaben initiiert und fachlich betreut, die das bestehende Potential der PSA im Rahmen der kerntechnischen

Sicherheitsbeurteilung verfügbar machen und zur Weiterentwicklung der PSA-Methodik beitragen. Diese Vorhaben betreffen unter anderem bereits zuvor genannte Bereiche wie Personalhandlungen, gemeinsam verursachte Ausfälle, die Behandlung von Anlagenzuständen außerhalb des Leistungsbetriebes und Einwirkungen von außen, Untersuchungen zum Containmentverhalten bei schweren Stör- und Unfällen, die zu den fachlichen Grundlagen für eine PSA der Stufe 2 beitragen, Arbeiten zur Harmonisierung bei der Durchführung von PSA und Untersuchungen zur Anwendung probabilistischer Kriterien bei regulatorischen Entscheidungen.

Außerdem arbeitet der Fachbereich KT in einem EU-Konsortium mit, das im ersten Schritt den aktuellen Stand der Anwendung der PSA der Stufe 1 (Methoden und Daten) in den Mitgliedsländern der Europäischen Union ermittelt und in einem zweiten Schritt daraus empfehlenswerte Praktiken ableiten soll.

Prüfverfahren nach § 7 c AtG

Mit der Novellierung des AtG vom April 1998 wurde die Möglichkeit eröffnet, für Weiterentwicklungen der Sicherheitstechnik ein standortunabhängiges Prüfverfahren nach § 7 c AtG zu beantragen. Für die Durchführung solcher Prüfverfahren ist das Bundesamt für Strahlenschutz zuständig. Die Siemens AG hat beim Bundesamt für Strahlenschutz im September 1998 einen Antrag auf Durchführung eines § 7c Prüfverfahrens zu „wesentlichen Aspekten des SWR 1000-Sicherheitskonzeptes“ gestellt. Die sicherheitstechnischen Fragestellungen betreffen die grundsätzliche Eignung von Konzepten mit passiven Sicherheitssystemen zur Störfallbeherrschung und die Begrenzung der Auswirkung eines schweren Störfalles mit Kernschmelze durch Schmelzerückhaltung im Reaktordruckbehälter. Das Bundesamt für Strahlenschutz hat mit der Antragstellerin den Prüfumfang und die Prüftiefe auf der Basis des Antrags und der beigefügten Prüfunterlagen erörtert und für die Zuziehung von Sachverständigen zur Begutachtung einzelner sicherheitstechnischer Fragestellungen eine Leistungsbeschreibung erstellt. Ein europaweiter Teilneh-

merwettbewerb zur Ermittlung geeigneter Sachverständigenorganisationen wurde durchgeführt.

Nukleare Nachsorge

Seit dem 1. Mai 1998 ist die Unterstützung zuständiger Behörden in gravierenden Nachsorgefällen bei der Nachforschung nach und bei der Analyse von radioaktiven Stoffen und bei Schutzmaßnahmen im Rahmen von deren Sicherstellung als Amtsaufgabe im Errichtungsgesetz verankert. Der Fachbereich KT unterstützt die zuständigen Behörden unter bestimmten Voraussetzungen auf deren Ersuchen in Fällen des Verlustes oder Fundes radioaktiver Stoffe sowie im Falle des Verdachts einer Straftat im Zusammenhang mit radioaktiven Stoffen, z. B. Drohung mit dem mißbräuchlichen Einsatz einer kritischen Kernbrennstoffanordnung oder mit der Freisetzung erheblicher Mengen radioaktiver Stoffe (dispersive Einrichtung).

Das Unterstützungskonzept des Bundesamtes für Strahlenschutz umfaßt:

- Bereitstellen von Geräten für die Suche nach radioaktiven Stoffen aus der Luft, mit Suchmannschaften oder Fahrzeugen,
- Nuklid- und Aktivitätsbestimmung der radioaktiven Stoffe,
- Bereithalten eines Analyseinstrumentariums für die Untersuchung von Behältern unbekannten Inhalts auf spezielles Kernmaterial,
- Risikoabschätzung für die Bevölkerung unter Einbeziehung der Wetterbedingungen,
- Beratung zum Strahlenschutz sowie zum Transport und zur Aufbewahrung radioaktiver Stoffe,
- Bereitstellung einer Einhausung, die zur Kontaminationsminderung bei Detonation einer unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtung (USBV) mit radioaktiver Beiladung eingesetzt wird, und
- Erstellen und Fortschreiben eines Handbuches zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr.

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Bericht des Fachbereichs

Weiterhin werden vom Fachbereich KT gemeinsame Weiterbildungsseminare und Übungen von Strafverfolgungs- und Strahlenschutzbehörden zum Vorgehen in Nachsorgefällen organisiert. Diese Übungen haben das Ziel,

- die offene oder verdeckte Suche nach deponierten radioaktiven Stoffen aus einem Fahrzeug oder zu Fuß zu trainieren,
- Modelle zur Risikoabschätzung kennenzulernen und deren Anwendung zu üben,
- den Aufbau von Einhausungen zur Kontaminationsminderung zu trainieren,
- das Zusammenwirken der zuständigen Bundes- und Landesbehörden zu verbessern, Erfahrungen zu sammeln und daraus
- Empfehlungen zum zweckmäßigen gemeinsamen Vorgehen von Strafverfolgungs- und Strahlenschutzbehörden zu erarbeiten.

Im Jahr 1998 hat der Fachbereich KT mehrere Suchübungen in Zusammenarbeit mit der Polizei durchgeführt. Bei diesen Übungen wurde die meßtechnische Ausrüstung des BFS im Einsatz bei unterschiedlichen Suchaufgaben erprobt.

Störfallmeldestelle

Meldepflichtige Ereignisse in Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren mit mehr als 50 kW thermischer Dauerleistung der Bundesrepublik Deutschland werden seit 1975 nach bundeseinheitlichen Meldekriterien in der jeweils gültigen Fassung an die atomrechtlichen Aufsichtsbehörden 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 auch diesen 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 Auftreten ähnlicher Fehler in anderen Anlagen dar.

Die Aufgaben der seit Januar 1993 im BFS eingerichteten Störfallmeldestelle bestehen 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 1997 wurden aus den Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland 117 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 drei Ereignisse zugeordnet. Die Kategorie „N“ (Normal-

meldungen) betrafen 114 Ereignisse. 114 Ereignisse entsprachen der INES-Stufe 0 (keine oder sehr geringe sicherheitstechnische bzw. keine radiologische Bedeutung). Drei Ereignisse wurden in die INES-Stufe 1 (betriebliche Störung, keine radiologische Bedeutung) eingeordnet.

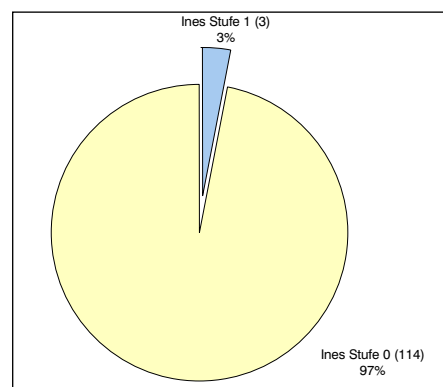


Abbildung KT- 1

Einstufung der Ereignisse nach der „International Nuclear Event Scale (INES)“

Die meldepflichtigen Ereignisse wurden im Jahresbericht nach unterschiedlichen Gesichtspunkten analysiert.

Im Durchschnitt waren die Kernkraftwerke 1997 ca. 7 % des Jahres für Revisionen, Reparaturen oder Brennelementwechsel abgeschaltet. In diese Abschaltzeiten fiel ein relativ großer Teil der festgestellten meldepflichtigen Ereignisse (35 %). Dies erklärt sich aus den umfangreichen Wartungs- und Prüfungsmaßnahmen, die während dieser Zeiten durchgeführt werden. Dabei ist anzumerken, daß es gerade das Ziel der Vielzahl von Prüfmaßnahmen ist, eingetretene Mängel rechtzeitig zu erkennen.

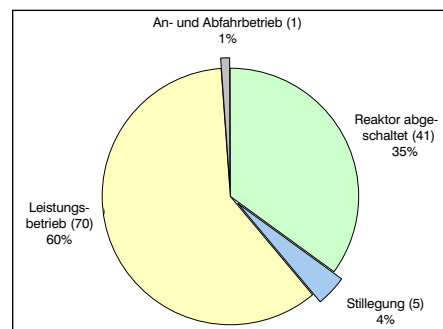


Abbildung KT- 2

Auftreten der Ereignisse bei verschiedenen Betriebszuständen der Kraftwerksanlage

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Bericht des Fachbereichs

39 (33 %) meldepflichtige Ereignisse traten spontan auf, sie wurden hauptsächlich durch Fehler, Schäden und Ausfälle von Komponenten oder Systemen verursacht. Der überwiegende Teil der gemeldeten Ereignisse (78 Meldungen, dies entspricht 67 %) stellt Befunde bzw. Ereignisse bei Instandhaltungsmaßnahmen dar. Außerdem sind die Fälle enthalten, bei denen es während der Durchführung von Prüfungen zu einem meldepflichtigen Ereignis kam.

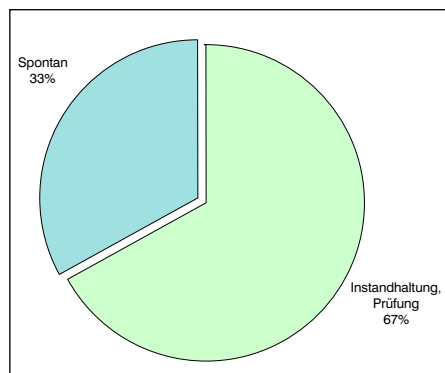


Abbildung KT-3

Art des Auftretens der Ereignisse

30 % der Ereignisse hatten ihre Ursache in defekten Komponenten oder Bauteilen und 20 % in Fehlern bei Bedienung, Wartung, Reparatur oder Instandhaltung. 14 % der meldepflichtigen Ereignisse waren auf Fehler bei der Auslegung oder Konstruktion, 15 % auf Herstellungs- bzw. Fertigungsfehler und 9 % auf Mängel in der Betriebsweise bzw. den Betriebsbedingungen zurückzuführen. Unter Ereignisse sonstiger (1 %) und ungeklärter Ursache (2 %) 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 9 % der Ereignisse war zum Zeitpunkt der Berichterstellung die Ursachenklärung noch nicht abgeschlossen.

Aus den deutschen Forschungsreaktoren mit mehr als 50 kW thermischer Dauerleistung wurden 12 meldepflichtige Ereignisse erfaßt. Alle 12 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.

44 Ereignisse wurden 1997 aus Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs erfaßt, zu denen gesonderte Jahresberichte erstellt wurden. Alle Ereignisse wurden in der Kategorie „N“ gemeldet und in die INES-Stufe 0 eingeordnet. 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 Jahresberichten durchgeführten Analysen der 1997 gemeldeten Ereignisse keine systematischen Schwachstellen in deutschen Kernkraftwerken, in den Forschungsreaktoren und in Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs festgestellt worden sind.

Der vorliegende Bericht und aktuelle Quartalsberichte über meldepflichtige Ereignisse in Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren sowie weitere Informationen zu kerntechnischen Einrichtungen sind unter der Internetadresse des BfS [<http://www.bfs.de>] abrufbar.

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. Mit Stand 21. September 1998 sind insgesamt 47 Staaten Vertragspartei, davon 29 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. Die Vertragsparteien haben die Pflicht, sechs Monate vor den Überprüfungstagungen in nationalen Berichten die Erfüllung der Verpflichtungen der Konvention darzustellen. Die erste Überprüfungstagung (Review Meeting)

wird am 12.–23. April 1999 stattfinden, die weiteren Überprüfungstagungen spätestens nach jeweils drei Jahren. Die IAEA wird dazu das Sekretariat stellen.

Gemäß den Bestimmungen der Konvention fand nach dem Vorbereitungstreffen im April 1997 das Organisationstreffen vom 29.09.–01.10.1998 in Wien statt, bei dem die Aufteilung der Vertragsstaaten in Ländergruppen für die Diskussionen während der ersten Überprüfungstagung vorgenommen wurde. Deutschland ist zusammen mit Argentinien, China, Mali, Norwegen, Türkei und Ukraine in der Ländergruppe 6 vertreten.

Auf dem Organisationstreffen wurden auch die Funktionen Chairman, Rapporteur und Co-ordinator der Ländergruppen bestimmt. Für die Gruppe 6 wird Deutschland sowohl den Rapporteur als auch den Co-ordinator stellen. Für die letztere Funktion ist H. Klonk/BfS vom BMU benannt worden.

Im Auftrag des Bundesumweltministeriums wurde im Verlauf des Jahres 1998 der nationale Bericht für die erste Überprüfungstagung gemeinsam von GRS und BfS erarbeitet und vom BfS redaktionell betreut. Dabei lag eine abgestimmte Aufgabenteilung zwischen den beiden Partnern für die Bearbeitung der einzelnen Kapitel zugrunde. 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. Nach der Abstimmung mit der Reaktor-Sicherheitskommission und der Strahlenschutzkommission wurden die atomrechtlichen Landesbehörden und die Kernkraftwerksbetreiber beteiligt. Der Bericht ist im August 1998 vom Bundeskabinett verabschiedet und veröffentlicht worden. Anschließend erfolgte die Übersetzung ins Englische. Der Bericht und die Übersetzung stehen im Internet über die Homepage des BfS zur Verfügung.

Der Bericht ist Ende September 1998 anläßlich des Organisationstreffens dem

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Bericht des Fachbereichs

Sekretariat des Übereinkommens bei der IAEA übergeben worden. Nach dem Treffen sind die Berichte aller Vertragsparteien verteilt worden. Bis Februar 1999 hat nun jede Vertragspartei Gelegenheit, Fragen und Kommentare zu den Berichten anderer Länder einzureichen. Hierzu hat das BfS zusammen mit GRS und BMU mit der Auswertung der nationalen Berichte begonnen. Die über die Koordinatoren der Ländergruppen eingereichten Fragen werden dann zusammen mit dem nationalen Bericht als Ganzem auf der Überprüfungs-tagung diskutiert. Hierfür ist für jede Vertragspartei mit laufenden Kernkraftwerken jeweils ein voller Tag, für die anderen Vertragsparteien ein halber Tag vorgesehen. Die Ergebnisse der Diskussionen in den Ländergruppen werden von den Rapport-euren im abschließenden Plenum vorge-tragen.

Ein ergänzendes Übereinkommen im Bereich der kerntechnischen Sicherheit zur nuklearen Entsorgung ("Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management") wurde von Deutschland am 1. Oktober 1997 unterzeichnet und am 13. August 1998 vom Deutschen Bundestag ratifiziert.

Stilllegung kerntechnischer Anlagen

Zur Wahrnehmung bundesaufsichtlicher Aufgaben für Stilllegungsprojekte (Genehmigung gemäß § 7 (3) AtG) in Deutschland werden zusammengefaßte Informationen über Leistungs- und Prototypreaktoren, Forschungsreaktoren und Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs, die sich in verschiedenen Phasen der Stilllegung befinden, benötigt. Im Jahr 1998 wurde eine Übersicht zu stillzulegenden Forschungsreaktoren in Deutschland erarbeitet, die in Berichtsform ausgewertet wird. Es liegen Angaben über technische Einrichtungen, die Betriebsgeschichte, die Stilllegungs-pläne und die bisherigen Stilllegungsmaß-nahmen sowie über die Genehmigungssi-tuation für 30 Forschungsreaktoren und kritische Anordnungen vor, von denen 21 Anlagen bereits abgebaut sind oder sich im sicheren Einschluß befinden. Für nur noch 9 Anlagen werden Stilllegungsmaß-nahmen durchgeführt oder vorbereitet.

Auf Anregung des Arbeitskreises „Stille-gung“ des Länderausschusses für Atom-kernenergie wurde mit der Ausarbeitung eines Übersichtsberichtes zum Thema „Die internationale Praxis der Stilllegung von kerntechnischen Anlagen“ begonnen.

Um die Forderungen des Stilllegungsleitfa-dens zu speziellen Fragen zu konkretisie-ren, werden gegenwärtig drei For-schungsvorhaben betreut:

- Anforderungen an die Stilllegung von Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufes
- Anforderungen an die Stilllegung von Forschungsreaktoren
- Anforderungen an die Herleitung von Freigabekriterien für Standorte kern-technischer Anlagen

Für das F + E-Thema „Anforderungen an die Stilllegung von Forschungsreaktoren“ liegt der Abschlußbericht vor, während sich das Thema „Anforderungen an die Stilllegung von Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufes“ kurz vor dem Abschluß befindet. Das Thema „Anforderungen an die Herleitung von Freigabekriterien für Standorte kerntechnischer Anlagen“ soll 1999 beendet werden. Dieses Thema wird in enger Zusammenarbeit mit der SSK und unter Beachtung einschlägiger Arbeiten im DIN-Ausschuß zur Erarbeitung der DIN 25457 (Teil 7: Aktivitätsmeßverfahren, Bodenflächen) bearbeitet und soll bis zu einer anwendungsreifen Empfehlung weiterentwickelt werden.

Die Datenbank „Stilllegung kerntechni-scher Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland“ wurde als behördeninternes Arbeitsmittel zur effektiven Verwaltung und Auswertung der umfangreich vorliegen-den Dokumente zur Stilllegung kerntechni-scher Anlagen in Deutschland geschaffen. Sie wird laufend vervollständigt und ent-sprechend 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 Pro-

gramm des BMU zur Zusammenarbeit auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicher-heit wurde 1998 fortgesetzt. Dieses Pro-gramm 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 Unter-stützung dieser Länder beim Aufbau wirk-ungsvoller Sicherheitskontrollbehörden, auf die Unterstützung bei der Bewertung des konkreten Sicherheitszustandes der kerntechnischen Anlagen und auf die Unterstützung bei der Aus- und Fortbil-dung von Personen, die unmittelbar Ein-fluß auf die Sicherheit der Anlagen neh-men können.

Die Abteilung KT 3 übernahm die fachliche Begleitung dieser Vorhaben.

Ein Teil der Vorhaben wurde bereits er-folgreich beendet oder befindet sich in der abschließenden Bearbeitung. Die Abschlußberichte der Vorhaben werden ins Russische übersetzt und den betref-fenden Einrichtungen in der GUS und den MOES übergeben und gemeinsam er-örtert. Die Berichte beinhalten neben den Analyseergebnissen Vorschläge zur Beseitigung erkannter sicherheitstechni-scher 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 gerä-tetechnische Hilfe geleistet, ohne die eine Bearbeitung der Vorhaben nicht möglich gewesen wäre. Hervorzuheben ist das große Entgegenkommen der meisten Ein-richtungen in der GUS und den MOES bei der Vorhabensbearbeitung vor Ort. Die dabei entstandenen guten Arbeitsbezie-hungen dienen auch dem Verständnis der Experten und dem Austausch ihrer fach-lichen Ansichten und Methoden unterein-ander.

Im Jahr 1998 wurden – wie bereits seit dem Jahr 1992 – wieder mehrere Semi-nare und Workshops zu verschiedenen Themenbereichen aus der Kerntechnik für Mitarbeiter von Behörden und Sachver-ständigenorganisationen aus der GUS sowie den MOE-Staaten durchgeführt. An diesen Seminaren beteiligten sich auch Referenten aus dem BfS.

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Bericht des Fachbereichs

Diese Seminare und Workshops dienen neben dem Know-how-Transfer auch dem Meinungsaustausch zwischen den Experten der Behörden und Sachverständigenorganisationen aus den verschiedenen Staaten.

Aufbauend auf den sicherheitstechnischen Erkenntnissen 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, verzögerte sich zunächst aufgrund der ungeklärten nuklearen Haftungsfreistellung, während zum Berichtszeitpunkt noch Zollmodalitäten durch die Russische Föderation zu klären sind.

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 im internationalen Rahmen 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 in den Staaten Mittel- und Osteuropas betriebenen Kernreaktoren (WWER, RBMK) erfordert eine differenzierte Betrachtungsweise sowohl hinsichtlich der Reaktortypen als auch des Alters innerhalb einer Baureihe. Die im BfS geführten Übersichten wurden präzisiert und aktualisiert. Erfaßt sind 87 Leistungsreaktoren, die abgeschaltet, in Betrieb, im Bau oder in der Stilllegungsvorbereitung sind. Davon befinden sich derzeit 66 in Betrieb und 8 im Bau. Die Reaktoren älterer Bauweise entsprechen dem Stand der Technik zur Zeit ihrer Bauphase, wurden und werden in unterschiedlichem Umfang nachgerüstet und stellen grundsätzlich ein erhöhtes Sicherheitsrisiko gegenüber der jüngeren Generation von Kernkraftwerken dar. Deutlich nachweis-

bar ist für ca. 30 jüngere Anlagen ein höheres Sicherheitsniveau durch Verbesserung bei Auslegung der Komponenten und Systeme sowie teilweise durch Nachrüstungsmaßnahmen.

Weiter verfolgt wurde die Entwicklung der Anlagen zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffelementen (BE) in der Russischen Föderation (RF). 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. Die Wirtschaftskrise in der RF hat Auswirkungen auf die Sicherheitskultur. Rückstände bei der Lohnzahlung der Beschäftigten haben zu Streiks geführt.

Zur Beurteilung des von den genannten Standorten ausgehenden Risikos werden seit 1995 Daten des Deutschen Wetterdienstes über den Luftmassentransport von diesen Standorten nach Deutschland erfaßt und analysiert. Die Ergebnisse wurden u.a. im Rahmen einer Notfallschutzübung genutzt.

Auswertung unplanmäßiger Ereignisse in Kernkraftwerken mit sowjetischen Reaktoren in Osteuropa im Jahre 1996

L. Albrecht

Es wurde eine Übersicht erarbeitet und eine Auswertung der unplanmäßigen Ereignisse aus den Kernkraftwerken Armeniens, Bulgariens, der Tschechischen Republik, der Slowakischen Republik, Ungarns, Litauens, Rußlands und der Ukraine im Jahr 1996 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 1996“, IAEA, VIENNA 1997 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 192 unplanmäßige Ereignisse einbezogen.

- 70 % aller Störungen traten im sogenannten konventionellen Teil der Kraftwerke auf.
- Die RBMK-Reaktoren haben erstmalig die Spitzenstellung im Störungsgeschehen übernommen. Insbesondere die Russischen Kraftwerke mit diesem Typ in Sosnovi Bor und Smolensk sind dafür verantwortlich.
- Die auffälligsten Systeme im Störungsgeschehen sind nach wie vor die Turbinen, der Hauptgenerator und das Speisewasser- und Frischdampfsystem mit

über 65 % Anteil am Gesamtstörungsgeschehen.

- Die Leckagen sind gegenüber 1995 nahezu konstant geblieben. Der konventionelle Teil ist mit 67 % daran beteiligt.
- 6,7 % aller Störungen sind durch menschliches Fehlverhalten ausgelöst worden. Das bedeutet eine Zunahme gegenüber dem letzten Jahr.
- Der bedeutendste Störfall trat 1996 am Block 1 in Khmelnitski auf, als bei der Reparatur an einem Sicherheitsventil des Druckhalters eine Impulsleitung abriß und eine Person tödlich verletzt wurde.

In einer 8-Jahresanalyse (1989–96) wurden die Trends des Störungsgeschehens in Abhängigkeit von den Erzeugerländern bzw. dem Reaktortyp errechnet. So zeigt der Trend für Bulgarien eine glaubwürdige Abnahme des Störungsgeschehens. Dieses trifft ebenfalls für den WWER-1000/W-320 in praktisch allen Anlagen und für alle Störungsarten zu. Bei den Schnellabschaltungen zeigen auch die Typen WWER-440/W-213 und RBMK, bei den Leckagen der WWER-440/W-230 und der WWER-440/W-213 eine signifikante Abnahme. Alle anderen Trends können mit den bis 1996 ermittelten Werten noch nicht als signifikant bezeichnet werden.

Kontaminationsverhinderung beim Umsetzen einer USBV

D. E. Becker

Einführung

Für die nuklearspezifische Gefahrenabwehr in der Bundesrepublik Deutschland wurde unter Federführung des BMU gemeinsam mit Vertretern der atomrechtlichen Aufsichtsbehörden und der Innenbehörden der Länder ein Gesamtkonzept entwickelt. Eine Reihe von Fachinstitutionen und Behörden sind am Unterstützungskonzept durch den Bund für die Länder beteiligt, wie z. B. das Bundeskriminalamt (BKA), das BfS und viele andere. Das

BfS wurde durch Änderung des Gesetzes über die Errichtung des Bundesamtes für Strahlenschutz vom 6. April 1998 mit der Aufgabe betraut, die zuständigen Behörden auf deren Ersuchen und unter Vorliegen bestimmter Voraussetzungen bei der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr zu unterstützen.

Der Bereich der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr erstreckt sich von der Unterbindung des illegalen Handels mit radioaktiven Prüfstrahlern bis hin zur Abwehr von Gefahren durch Kernbrennstoffe mit der Möglichkeit des Baues von kritischen Anordnungen oder der Bedrohung durch die gezielte Dispersion von lungengängigem Material beim Umsetzen einer unkonventionellen Brand- und Sprengvorrichtung (USBV).

Konzept für die Kontaminationsverhinderung

Bei der Detonation einer unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtung (USBV) mit radioaktiver Beiladung kann es zu einer erheblichen Kontamination der Umgebung kommen, wenn die frei gesetzten radioaktiven Stoffe in flüssiger oder leicht dispersiver Form vorliegen. In diesen Fällen kann es zu einer Strahlenexposition von Personen in der Umgebung kommen, insbesondere durch das Einatmen radioaktiver Stoffe. Dieser Expositionspfad spielt vor allem dann eine gravierende Rolle, wenn die radioaktiven Teilchen in einem Korngrößenbereich von 1 – 10 Mikrometer liegen – also lungengängig sind.

Um für derartige Fälle gerüstet zu sein, wurde eine Methode entwickelt, die bei Detonation einer USBV mit radioaktiver Beiladung die Ausbreitung der darin enthaltenen radioaktiven Stoffe weitgehend verhindert.

Das Konzept zur Kontaminationsverhinderung wurde im Rahmen eines vom BMU finanzierten Untersuchungsvorhabens gemeinsam vom BfS und LKA Rheinland-Pfalz entwickelt; die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse führten zu der Entwicklung einer Einhausung der USBV, die mit Schaum gefüllt

wird, der einen hohen Wasseranteil besitzt (Abbildung KT-4). Das im Schaum gebundene Wasser verbraucht die Energie des Sprengstoffes beim Umsetzen, und der Schaum bindet die radioaktiven Teilchen, vor allem in dem für eine Inhalation relevanten Partikelgrößenbereich.

Folgende Randbedingungen werden dabei erfüllt:

- die Beherrschung von 10 kg Sprengstoff,
- die USBV braucht nicht bewegt oder berührt werden,
- die Einhausung ist mit normalem PKW transportabel,
- die Einhausung kann von zwei Entschärfern im Entschärferanzug aufgestellt werden,
- die Einhausung kann die Entschärferapparatur beinhalten,
- die Aufstellung der Einhausung ist nur mit minimalen Aufenthaltszeiten (Bereich weniger Sekunden) im Bereich der USBV durch die Entschärfer verbunden,
- die gesamte Aufstellungszeit kann unter 30 Minuten liegen,
- übliche Einrichtungen und Möglichkeiten der Feuerwehren, wie Schlauchanschlüsse, Wasser, Luft und Löschschaum, sind nutzbar.

Die im Rahmen der Untersuchungen entwickelte Einhausung besteht in etwa aus einem aufblasbaren Kinderschwimmbad mit herausgeschnittenem Boden. Der untere Ring wird über einen Schlauch mit Wasser gefüllt. Dies dient zur Abdichtung gegenüber dem Erdboden und zur Standicherheit gegenüber Wind. Die oberen Ringe sind miteinander verbunden und können aus sicherer Entfernung mit Preßluft aufgeblasen werden. An einem Dreibein wird der Schaummischkopf befestigt und dann die Einhausung bis zum Rand gefüllt. Danach kann die Entschärfung erfolgen.

Rückhaltewirkungsgrad

Zur Bestimmung des Rückhaltetrades wurde vom Fraunhoferinstitut für Toxikologie und Aerosolforschung um die Einhausung

ein Zelt aufgebaut, um nach der Umsetzung des Sprengstoffes mit dem radioaktiven Material – benutzt wurde ein Teststaub – das Zeltvolumen gezielt absaugen zu können. Zur Bestimmung des freigesetzten Anteils sowie der freigesetzten Korngrößenverteilung des Teststaubes wurden mehrere Absaugpumpen

mit nachgeschalteten Impaktoren installiert. Die Korngrößenverteilung des eingesetzten Teststaubes lag überwiegend im Bereich von 1 Mikrometer – also im lungendosisrelevanten Bereich.

Insgesamt wurden bisher über 10 Versuche bis zu einer Sprengstoffmenge von



Abbildung KT-4
Einhausung und Anschlußtechnik für Schaumbefüllung



Abbildung KT-5
Vorführung der Rückhaltewirkung durch synchrone Umsetzung von zwei Sprengsätzen

900 Gramm des Sprengstoffes PETN durchgeführt. Die freigesetzte Menge des Teststaubes liegt in allen Fällen unter 0,3 Prozent – oder anders ausgedrückt: die Rückhaltfähigkeit der Einhausung mit Schaum ist besser als 99,7 Prozent.

Im Rahmen der 5. Informationsveranstaltung zur Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr wurde im Steinbruch Salzgitter-Salder in einem Demonstrationsversuch die Rückhaltewirkung vorgeführt. Gezündet wurden zwei Sprengsätze synchron mit je 60 Gramm PETN, wobei ein Sprengsatz gemäß obiger Beschreibung eingehaust war. Das radioaktive Material wurde durch ein rotes Farbpulver simuliert (Abbildung KT-5).

Eine Einhausung kann im Anforderungsfall beim LKA Rheinland-Pfalz sowie beim Bundesamt für Strahlenschutz in Salzgitter angefordert werden.

Ausblick

Die oben ausgeführten Versuche sind noch nicht abgeschlossen. Weitere Untersuchungen werden mit folgender Zielrichtung durchgeführt:

- Verbesserung des Wirkungsgrades durch Optimierung der Einhausungsgeometrie und des Schaumes,
- Bestimmung des Wirkungsgrades bei größeren Sprengstoffmengen,
- Entwicklung einer Einhausung zur Beherrschung größerer Sprengstoffmengen – z. B. 200 kg für eine Autobombe.

Überblick über die Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung und ihre Anwendung in der Kerntechnik

G. Holdt

Die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung (ZfP), ein Gebiet der Werkstoffprüfung und Qualitätssicherung, hat in der Kerntechnik einen besonderen Stellenwert. Sie ist fester Bestandteil der Prüf- und Her-

stellungsvorschriften und vor allem in den KTA-Regeln 3201(1–4) und 3211(1–4) fest verankert.

Mit Hilfe der zerstörungsfreien Prüfverfahren hat man die Möglichkeit, Aussagen über Fehlerzustände von Bauteilen zu treffen bzw. diese prophylaktisch zu erkennen. Hierbei nehmen die zerstörungsfreien Prüfverfahren im Rahmen der Überwachung der Komponenten des Wasserdampf-Kreislaufes zur Gewährleistung der Anlagensicherheit eine primäre Rolle ein. Die Hauptverfahren, die dabei zur Anwendung kommen, sind

- Ultraschallprüfung,
- Durchstrahlungsprüfung,
- elektrische und magnetische Prüfverfahren (magnetische Streufeldverfahren, Potentialsondenverfahren, Wirbelstromprüfung),
- Farbdiffusionsprüfung,
- Sichtprüfung und
- sonstige Verfahren (z. B. Thermographie, Schallemission, Shearographie).

Alle diese Verfahren haben das Potential, bestimmte Arten von Fehlern in Bauteilen zu erkennen. Je nach Bauteil (Geometrie), Werkstoff (physikalische oder elektrische Eigenschaften), mögliche Fehlerart, -lage und -größe werden spezielle Prüfmethoden angewandt, um mögliche Bauteilfehler zu detektieren.

Jedes der oben genannten Prüfverfahren hat dabei besondere Vorzüge und Qualitäten, wenn es um die Auffindung spezieller Fehler geht.

Betrachtet man z. B. die Prüfung von Rissen, so sind diese mit der Ultraschallprüfung gut nachzuweisen, wobei hier bestimmte Verfahrensgrenzen zu beachten sind, die z.B. in der Bauteilgeometrie oder den akustischen Eigenschaften der Werkstoffe gesetzt werden.

Der Einsatz der Durchstrahlungsprüfung hat sich vor allem beim Nachweis von voluminösen Fehlern (Schlacken, Poren) bewährt und bietet den Vorteil, daß ein Abbild vom zu prüfenden Objekt erstellt wird.

Mit den elektrischen und magnetischen Prüfverfahren werden bestimmte physikalische Effekte ausgenutzt, um Fehlerinformationen aus dem Bauteil zu erhalten. Dabei spielt die Prüfaufgabe eine wesentliche Rolle bei der Verfahrensauswahl. Ein klassisches Beispiel für die Wirbelstromprüfung ist der Nachweis von Fehlern in Wärmetauscherrohren.

Die magnetischen Verfahren werden eingesetzt, um z.B. Risse nachzuweisen, die von der Bauteiloberfläche in den Werkstoff einlaufen.

Je nach Prüfaufgabe und -ziel können mehrere Prüfverfahren eingesetzt werden, um nach der Feststellung von Fehlern auch ihre Größe zu bestimmen. Dabei gewinnt die Automatisierung der Prüfsysteme zunehmend an Bedeutung, wodurch man eine Reduzierung der Strahlenbelastung des Prüfpersonals erreicht und die Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse verbessert wird. Durch Kombination von mehreren Prüftechniken (z. B. Ultraschall u. Wirbelstrom) in einem Prüfablauf wird die Aussagefähigkeit der Prüfung verbessert und die Prüfzeit reduziert.

Eine wesentliche Rolle bei der Anwendung der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung spielt die Qualitätssicherung (QS). Auf der Grundlage der QS-Regeln im kerntechnischen Regelwerk sind die durchzuführenden Prüfungen im Prüfhandbuch festgelegt. Die für die Durchführung der Prüfung notwendigen Spezifikationen sind vor jeder Prüfung zu kontrollieren und ggf. zu ändern. Dieses wird durch Sachverständige überwacht.

Zur Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen bedarf es einer verfahrensabhängigen Qualifikation des Prüfpersonals, die sich in 3 Stufen (Level) gliedert. Die Stufen sind:

- Level 1 (Durchführung),
- Level 2 (Anleitung) und
- Level 3 (Aufsicht).

Die Qualifikation wird durch anerkannte Ausbildungsstätten durchgeführt und durch ein Zertifikat bestätigt.

Für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung gibt es eine Vielzahl von Vorschriften, Regeln und Richtlinien. Diese können als

Festlegungen für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung z. B. in Herstellungs- oder Produktnormen enthalten sein. Darüber hinaus gibt es Geräte- oder Durchführungsnormen, die Festlegungen zur Prüftechnik und ihrer Anwendung enthalten. Einen Überblick über das Normenspektrum der ZfP ist im Anhang des KT-Berichts [1] enthalten.

- [1] G. Holdt, Überblick über die Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung und ihre Anwendung in der Kerntechnik, BfS KT-IB-72, April 1998

Konformitätsnachweis für Hardware und Software in kerntechnischen Anlagen hinsichtlich des Verhaltens bei Datumsunstetigkeiten – Beantwortung eines Questionnaires der OECD/NEA zur Jahr-2000-Problematik

F. Seidel

1. Datumsunstetigkeiten und mögliche Effekte auf Hardware und Software

Derzeit werden in allen Branchen, in denen sicherheitstechnisch oder wirtschaftlich relevante Daten rechen-technisch verarbeitet werden, die Auswirkungen folgender Datumsunstetigkeiten auf Software und Hardware untersucht:

- 31.12.1999/ 01.01.2000 (Jahrtausendwechsel; problematisch bei Verwendung zweistelliger Jahreszahlen)
- spätere Effekte des Jahrtausendwechsels infolge programmspezifischer Bearbeitung von zweistelligen Jahresangaben. Bei der sogenannten Fenstertechnik ist z.B. der Übergang von 2019 zu 2020 problematisch, falls die Software einen logischen Schalter enthält, der nur die Jahreszahlen zwischen „00“ und „19“ dem 21. Jahrhundert zuordnet, die anderen Zahlen [20;99] aber dem 20. Jahrhundert.
- 29.02./01.03.2000; 01.01.2001 (Schaltjahr 2000; problematisch, falls der Kalender falsch programmiert ist)

- 09.09.1999 (9.9.99 wird in einigen Programmen als Schalter oder Fehlercode benutzt)
- 22.08.1999 (Überlauf des 10-bit-Wochenzählers des Global Positioning Systems)

Hauptanlaß für die Analysen ist der Datumswechsel von 1999 zu 2000, auch kurz „Jahr-2000-“ oder „J2k-Problem“ genannt, für den man die Konformität von Hardware- und Software nachweisen will. Eine Software oder Hardware gilt hinsichtlich der Datumsunstetigkeiten als konform, wenn sie über alle diese Unstetigkeiten hinweg anforderungsgemäß funktioniert.

Zu den möglichen Folgen einer inkorrekten Datumsverarbeitung zählen:

- Rechenfehler infolge der Verarbeitung fehlerhaft interpretierter Jahreszahlen: z. B. bei Inventarisierung, Bilanzierung, statistischen Berechnungen infolge falscher Differenzbildung von Jahreszahlen,
- falsche Reihenfolge bei datumsorientierter Archivierung oder Sortierung,
- nicht anforderungsgemäße Auslösung von datumsgesteuerten Rechnerfunktionen (z. B. Fehlauslösung von Schutzhandlungen infolge inkonsistenter Datumsangaben),
- nicht anforderungsgemäße Unterdrückung von datumsgesteuerten Rechnerfunktionen (z. B. Unterdrückung automatisch aktivierter Überwachungs- oder Prüffunktionen),
- Rechnerausfall infolge eines arithmetischen Überlaufs (trivial z.B. im Fall der Differenz von 2000 und 1900 bei zweistelliger Notation),
- unbeabsichtigter Abbruch der Berechnungen infolge von Plausibilitätstests (falls z.B. ein falsch bestimmtes Zugriffsdatum vor dem Registrierungsdatum liegt),
- ungewolltes Abschalten und permanente Unverfügbarkeit des Rechners oder einzelner Software-Programme (falls z.B. ein Zugriffsdatum außerhalb des Lizenzzeitraumes liegt).

2. In Kernkraftwerken zu untersuchende Systeme

Bei der Analyse der in Kernkraftwerken benutzten Hardware und Software sind die o.a. Effekte besonders unter dem Aspekt der nuklearen Sicherheit zu untersuchen. So besteht eine wesentliche Aufgabe darin, die softwaregestützten Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung zu identifizieren und die Dringlichkeit für Nachbesserungen oder Austauschaktionen für den Fall festzulegen, daß keine J2k-Konformität besteht. Nachfolgend sind softwaregestützte Systeme aufgezählt, die in Kernkraftwerken entweder sicherheitstechnische Bedeutung oder Einfluß auf den ordnungsgemäßen Anlagenbetrieb haben.

Sicherheitskritische Systeme wie Reaktorschutz sind in Analogtechnik aufgebaut und daher voraussichtlich nicht beeinträchtigt.

Sicherheits- und sicherungsrelevante Systeme:

- Reaktorbegrenzung und -steuerung (die neu eingesetzten rechnergestützten Systeme gelten bereits als J2k-konform),
- Neutronenflußmeßsystem,
- Alarmmeldeanlage und Einrichtungen zur Langzeitstörfallaufzeichnung,
- Strahlenschutzüberwachungseinrichtungen,
- Brandschutzsysteme,
- Objektschutzrechner (z. B. Zutrittskontrolle),
- Steuerstabfahrrechner,
- Steuerung für Brennelementlademaschine (einschließlich Inventarisierung von Brennelementen).

Betriebliche Systeme mit Einfluß auf den laufenden Anlagenbetrieb:

- Prozeßrechner,
- Telefonanlagen,
- Anlagenüberwachungssysteme (Körperschall, Schwingung, Ermüdung, Leckage).

Weitere betriebliche Systeme zur Anlagenorganisation:

- Betriebsführungssystem (einschließlich Verfolgung der Instandhaltung, Aufzeichnung und Auswertung von Betriebserfahrungen; Inventarisierung; Ermüdungsdatenbank),
- Testrechner und Servicegeräte.

Verbindungen zu externen Systemen:

- Kommunikationsverbindungen (z.B. zum Notfallzentrum, Firmenzentrale),
- externe Energieversorgung (Lastverteiler).

3. Beantwortung eines Questionnaires der OECD/NEA zur J2k-Problematik

Die Nuclear Energy Agency der OECD (OECD/NEA) richtete Anfang 1998 ein Questionnaire zur Beantwortung folgender Fragen an die Mitgliedsstaaten:

(1) Welche Schritte werden in Ihrem Land unternommen oder sind geplant, um sicherzustellen, daß die Betreiber kerntechnischer Anlagen mögliche Sicherheits- und betriebliche Aspekte im Zusammenhang mit der J2k-Problematik angemessen behandeln?

(2) Welche Informationen haben Sie bisher über erledigte oder geplante Schritte der Betreiber zur Behandlung der J2k-Problematik erhalten?

(3) Sind die Betreiber bereits auf konkrete Probleme gestoßen?

(4) Welche Aktivitäten werden von den Behörden selbst ausgeführt oder geplant?

(5) Auf welche Maßnahmen werden die Behörden mit besonderem Nachdruck bestehen; hinsichtlich a) Identifikation potentieller Probleme und b) Korrektur- und Austauschmaßnahmen?

Im April 1998 beantwortete das BfS dieses Questionnaire auf der Grundlage erster Informationen einzelner deutscher Betreiber und Gutachterorganisationen [1]. Schwerpunkt der Beantwortung lag auf den drei ersten Fragen:

Zu (1): Seit Oktober 1997 behandeln BMU und BfS die J2k-Problematik im Zusammenhang mit kerntechnischen Anlagen; u.a. durch Antworten auf Fraktions- und Kabinettsanfragen, Sicherung des Informationsflusses zu atomrechtlichen Landesbehörden über entsprechende Arbeitsgremien, Beratungen in den Ausschüssen der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) und Einberufung einer entsprechenden RSK-Arbeitsgruppe. Die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gab im BMU-Auftrag eine Weiterleitungsnachricht heraus. Die RSK hat eine J2k-Checkliste zur Beantwortung an die Betreiber verteilt.

Zu (2): Die Betreiber deutscher Kernkraftwerke haben anlagenspezifische Untersuchungsprogramme zur J2k-Problematik entwickelt und initiiert. Diese Programme sind einheitlich nach den Phasen Erfassung und Kategorisierung der rechnergestützten Systeme; Analyse und Bewertung der Konformität; Durchführung von Korrektur- und Austauschmaßnahmen nach festgelegter Priorität sowie Vorbereitung

von Maßnahmen für den Fall, daß trotz der Maßnahmen zur J2k-Konformität Störungen auftreten (Back-up-Maßnahmen). Der Erfahrungsaustausch zwischen den Betreibern wird über die Hauptverwaltungen und die Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber (VGB) organisiert. Alle Programme basieren auf einer vollständigen Erfassung der rechnergestützten Systeme. Die Betreiber schätzen ein, daß die Untersuchungen und erforderliche Nachbesserungen der Systeme mit Priorität bis jeweils zur Jahresrevision 1999 abgeschlossen werden.

Zu (3): Nach bisheriger Einschätzung der Betreiber und Gutachter sind J2k-bedingte Ausfälle in sicherheitskritischen Systemen wie Reaktorschutz nicht zu besorgen, da diese in Analogtechnik aufgebaut sind und unterbrechungslos mit Energie versorgt werden. Für neue rechnergestützte Systeme, die in sicherheitsrelevanten Bereichen eingesetzt werden, wurde die J2k-Konformität bereits im Rahmen der Typ- und Systemprüfung bestätigt. Von einigen Betreibern liegen konkrete Rückmeldungen vor, die von der RSK-Arbeitsgruppe ausgewertet werden.

Die weiteren Fragen wurden inzwischen im Arbeitskreis Aufsicht-Reaktorbetrieb des Länderausschusses für Atomkernenergie thematisiert.

[1] Year 2000 (Y2k) Problems – Summary and Compilation of Responses, OECD/NEA, Letter to CNRA Members, Issy-le-Moulineaux, 26 May 1998

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Wissenschaftliche Veranstaltungen

5. Informationsveranstaltung zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr

BfS, Salzgitter, 22./23. September 1998

Berichterstatte: P. Koschel

Der Fachbereich KT führte in Zusammenarbeit mit dem BMU die 5. Informationsveranstaltung zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr durch. Es nahmen ca. 100 Teilnehmer aus den zuständigen Behörden des Bundes und der Länder teil. Auch Vertreter aus Österreich und der Schweiz waren anwesend.

Die Vorträge des ersten Tages beschäftigten sich schwerpunktmäßig mit den organisatorischen Konzepten zur Bewältigung von gravierenden Nachsorgefällen und den Erfahrungen bei der Zusammenarbeit von Strafverfolgungs- und Strahlenschutzbehörden. Ferner wurde die Gesamtlage beim illegalen Handel von radioaktiven Stoffen aus Sicht des BKA dargestellt.

Schwerpunkt des zweiten Tages waren die radiologischen Folgen bei der nicht auszuschließenden Umsetzung einer unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtung (USBV), die radioaktive Stoffe enthält. In mehreren Vorträgen wurden Verfahren zur Erstabschätzung möglicher radiologischer Folgen und ein Konzept zur Begrenzung dieser Folgen vorgestellt. Dieses in Zusammenarbeit von BfS und dem Landeskriminalamt Rheinland-Pfalz entwickelte Konzept wurde den Teilnehmern in einem Feldversuch demonstriert.

Fachbereichsseminar KT

Im Rahmen des Fachbereichsseminars KT wurden 10 Veranstaltungen durchgeführt, in diesem Jahr mit insgesamt sieben Vortragenden aus dem BfS und sieben auswärtigen Referenten. Die Vorträge behandelten die folgenden Gebiete:

Bath, N.; Haas, H.; Pappe, W.
Anlageninterne Notfallübungen der Kernkraftwerksbetreiber
KT-Seminar, 16. Juli 1998

Bayer, A.
Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen
KT-Seminar, 28. Mai 1998

Becker, D.-E.
Strahlenexposition an Arbeitsplätzen durch natürliche Radionuklide
Aufgaben und Arbeiten des Fachverbandes für Strahlenschutz
KT-Seminar, 05. Februar 1998

Böning, K.
Forschungsreaktor München II (FRM II) –
Anlagenauslegung und Projektstatus
KT-Seminar, 29. Oktober 1998

Fröhmel, T.; Rohde, J.; Sonnenkalb, M.
Anlageninterner Notfallschutz: aktuelle Ergebnisse von abgeschlossenen Vorhaben und Vorstellung des Unfallablauf-Simulators
KT-Seminar, 04. Juni 1998

Gumbrecht, D.
Die Strahlenschutzkommission – Organisation und aktuelle Beratungsthemen
KT-Seminar, 05. März 1998

Kaul, A.
Organisation und Aufgaben von UNSCEAR und ICRP
KT-Seminar, 19. Februar 1998

Voss, A.
Die externen Kosten der Energieerzeugung – Stand der Forschung –
KT-Seminar, 12. November 1998

Walter, K.-H.
Präventiver Strahlenschutz in deutschen Kernkraftwerken
KT-Seminar, 02. April 1998

Weil, L.
Das „Illicit Trafficking Combating Programme“ der IAEA und des Weltzollverbandes – Maßnahmen zur Verhinderung des unerlaubten Umgangs mit radioaktiven Stoffen –
KT-Seminar, 22. Januar 1998

Die Seminarreihe wird fortgesetzt.

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Internationale Zusammenarbeit

IAEA Consultants' Meeting zur Fertigstellung des Dokuments „Review of Safety Performance of Operational Nuclear Power Plants“

Deutscher Vertreter: *H. P. Berg*

Im Rahmen eines Consultants' Meetings (CM) (18.–20. November 1998) wurde das Dokument „Review of Safety Performance of Operational Nuclear Power Plants“ fertiggestellt. Dabei wurden die schriftlichen Anmerkungen der NUSSAC-Mitglieder diskutiert und berücksichtigt.

Das Dokument soll als „Safety report“ 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.

Schwerpunkt des CM war neben der Fertigstellung des Dokuments eine Diskussion zwischen IAEA-Vertretern und den beiden Mitgliedern des CM zu den Überlegungen der IAEA, eine Unterstützung der Kernkraftwerke für eine Überprüfung der betrieblichen Bewertung der betrieblichen Sicherheit auf Basis der Betriebserfahrungen anzubieten.

Eine Struktur für die Abfassung eines entsprechenden Leitfadens wurde erstellt. Dabei spiegeln sich die o. g. vier Elemente und wesentliche Aspekte des fertiggestellten Dokuments wieder. Besonderer Wert ist dabei auf das Element Bewertung des gesamten Sicherheitsregimes zu legen, das bisher z. B. weder in den ASSET- noch in den OSART-Missionen eine entsprechende Rolle spielt. Der geplante Leitfaden könnte von der IAEA, aber auch von den Behörden der Mitgliedsländer oder von einer anderen externen Institution verwendet werden.

IAEA Consultants' Meeting „Experience with Analysis of Precursors to Operational Events“

Deutscher Vertreter: *H. P. Berg*

Im Rahmen eines Consultants' Meetings (CM) (7.–11. Dezember 1998) mit Teilnehmern aus Frankreich, der Tschechischen Republik, Deutschland und den USA wurden die Arbeiten am Entwurf des Dokuments „Experience with Analysis of Precursors to Operational Events“ fortgesetzt. Ein erstes CM zu diesem Thema hatte im Dezember 1997 stattgefunden.

Der Schwerpunkt der Arbeiten wurde auf die Erfassung und Bewertung von Ereignissen mit geringerer sicherheitstechnischer Bedeutung gelegt, die bei frühzeitigem Erkennen in Zukunft vermieden werden können, um somit insgesamt das Sicherheitsniveau der Kernkraftwerke erhöhen, nachdem die sicherheitsrelevanten Ereignisse bereits zu vielen anlagentechnischen Verbesserungen geführt haben. Der Begriff Precursor ist hier insoweit in einer erweiterten Form zu verstehen, als auch nicht-meldepflichtige Ereignisse und „beinahe“-Ereignisse in die Analyse einbezogen werden sollen.

Das Dokument ist hinsichtlich einheitlichem Stil, Vermeidung von Dopplungen im Text und endgültiger Definition von „low level events“ und „near misses“ durchgesehen worden, der Abschnitt hinsichtlich der Datensammlung wurde auf die low level events abgestimmt.

Das Dokument soll zwei bis drei Kraftwerken zur Verfügung gestellt werden, um zu prüfen, ob die Vorschläge zur Erfassung solcher Ereignisse verständlich genug beschrieben sind und ob das in diesem Dokument bewußt vereinfacht formulierte Programm zur Ermittlung von Trends aus Sicht des Kraftwerkspersonal anwendbar erscheint.

Die z. Z. in einigen Kernkraftwerken in den USA anlaufenden Aktivitäten, nicht nur die sicherheitsrelevanten und meldepflichtigen Ereignisse zu untersuchen, sondern den Erfahrungsrückfluß zumindest anlagenintern zu verbreitern, ist ein wichtiger

neuer Aspekt für die weitere Erhöhung der kerntechnischen Sicherheit in Betrieb befindlicher Kernkraftwerke. Der Betreiber kann auch aufgrund unbedeutenderer Ereignisse, die sich aber z. B. häufiger wiederholen, bereits vorbeugend Maßnahmen treffen, die oftmals nur administrativer Natur sind. Dabei fallen pro Jahr viele Tausende Meldungen an, die in einer Datenbank gesammelt und ausgewertet werden.

Erste Ansätze gibt es dabei, je nach Aufgabenstellung die PSA-Methodik in abgeschichteter Form anzuwenden, um optimalen Nutzen zusammen mit den deterministischen Ansätzen und der ingenieurtechnischen Einschätzung zu erzielen.

Der beim CM erarbeitete Entwurf soll 1999 im Rahmen eines Technical Committee Meeting einem größeren Teilnehmerkreis präsentiert und dann ausführlich diskutiert werden.

OECD/NEA Vorbereitungs- komitee für das CNRA Special Issue Meeting 1999 (SIM'99) „Regulatory Effectiveness“

BfS-Teilnehmer: *R. Görtz*

CNRA hat anlässlich seiner 9. Sitzung am 1./2. Dezember 1997 in Paris beschlossen, den Aspekt „Developing and Measuring Regulatory Effectiveness“ zum Gegenstand eines thematischen Treffens im Jahre 1999 zu machen. Insbesondere sollte die Auffassung der Industrie berücksichtigt werden. Es wurde ein Vorbereitungskomitee (VK) mit der Gestaltung des SIM'99 beauftragt. Der BMU hat der NEA den Berichterstatter als deutschen Vertreter im VK benannt.

Die erste Sitzung des VK hat am 29. und 30. Juli 1998 in Paris stattgefunden.

Es bestand Übereinstimmung, daß der Begriff der Regulatory Effectiveness noch einer weitergehenden Klärung bedarf. Er beinhaltet neben dem Durchsetzungsvermögen regulatorischer Ziele auch den Aspekt der Effizienz, d. h. der Erbringung geforderter Arbeitsergebnisse bei reduzierten personellen und finanziellen Mitteln.

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Internationale Zusammenarbeit

Da gegenüber der bisher praktizierten Form des Special Issues Meetings (Fragebogenaktion des VK, Bericht des VK auf Basis der Antworten auf die Fragen, Präsentation des Berichts für CNRA, Diskussion im CNRA und Folgerungen) die zuletzt durchgeführten Workshops – insbesondere das zur digitalen Leittechnik im Jahre 1997 – prägnantere Ergebnisse erbracht haben, wurde beschlossen, diesen Aspekt bei der Durchführung des SIM'99 zu berücksichtigen.

Der Berichtersteller erwartet, daß die mit dem Programmvorschlag beabsichtigte Symbiose aus Workshop und aus der traditionellen Form des Special Issues Meeting sich als vorteilhaft erweisen wird. Die Zeitdauer der Veranstaltung ist zwar nun länger geworden, aber dem steht geringerer Aufwand für die Vorbereitung auf die Veranstaltung und die Beantwortung und Auswertung der Fragebögen gegenüber. Der entscheidende Vorteil dürfte die sehr breite Grundlage sein, die durch den workshopartigen Beginn für die interne Diskussion von CNRA am letzten Tag des Sim'99 gelegt wird.

OECD/NEA CNRA Special Issues Meeting 1998: „Regulatory Aspects of Ageing Reactors“

Deutscher Vertreter: R. Görtz

Im Juni 1998 wurde ein Special Issue Meeting des CNRA zum Thema „Regulatory Aspects of Ageing Reactors“ durchgeführt. Der Berichtersteller war vom BMU als Mitglied des Vorbereitungskomitees (VK) benannt worden. Zur Vorbereitung des SIM'98 hatte das VK auf der Grundlage einer Umfrage bei den Mitgliedsländern (MS) einen Berichtsentwurf „Regulatory Aspects of Ageing Reactors“ sowie eine „Compilation of National Responses“ vorgelegt. Diese Unterlagen wurden CNRA durch eine Präsentation wesentlicher Inhalte durch Mitglieder des Vorbereitungskomitees, u. a. durch den Berichtersteller, vorgestellt.

Die wichtigsten Aspekte der Diskussion im CNRA sind:

- Die deutsche Auffassung, daß neben der physikalischen Alterung auch die Aspekte des Veralterns von Analysemethoden, Computerprogrammen, Konzepten und technischer Hardware in einem langfristig angelegten Sicherheitsmanagement zu berücksichtigen sind, wird international geteilt.
- CNRA erscheint es jedoch nicht zweckmäßig, diesen großen Komplex der Veränderungen unter dem Begriff „Alterung“ zusammenzufassen, da dies den Nachteil hat, daß so eine Vielzahl von Maßnahmen als alterungsbezogen angesehen werden kann und die Alterung möglicherweise demzufolge als das zentrale Problem der kerntechnischen Sicherheit erscheint.
- Es wurden einige Vorschläge zur Terminologie gemacht, von denen ein „life-time-safety-management“ als Oberbegriff einigen Anklang fand. „Ageing“ soll für „degradation of components and structures“ vorbehalten werden.
- USA kritisiert, daß eine risikobezogene Prioritätensetzung bei den alterungs- bzw. veränderungsbezogenen Fragen im Bericht zu kurz komme.

Bezüglich der Frage nach einer weitergehenden Erfassung der Betriebserfahrungen im Hinblick auf Alterungserscheinungen gab es keine konkreten Vorschläge. Einige MS halten IRS für ausreichend. Andere betonen den zum Teil in detaillierter und spezifischer Form bereits erfolgten Austausch zwischen den Betreibern, der sich auch auf Ereignisse und Beobachtungen unterhalb der Meldeschwelle erstreckt.

Der Bericht wurde im Lichte der Diskussionen im CNRA überarbeitet und wird CNRA zur Dezembersitzung zur Freigabe vorgelegt werden.

EU Task Force on Risk-Based in Service Inspection der NRWG

Deutscher Vertreter: R. Görtz

Die Task Force erhielt ihr Mandat von der NRWG (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 Kernkraftwerken in den EU-Ländern erstellen.

In der Arbeitsgruppe wurde unter aktiver Beteiligung der Länder Belgien, Schweiz, Spanien, Schweden, Finnland, Tschechische Republik und Deutschland zunächst ein Fragebogen erstellt, der von der Mehrzahl der EU-Mitgliedsländer beantwortet wurde. Die Antworten wurden ausgewertet und in einen Berichtsentwurf integriert, der der NRWG im Oktober 1998 vorgelegt und auf der Sitzung am 3. November 1998 präsentiert und diskutiert wurde. Die Reaktion auf den Bericht war sehr positiv. Die Arbeitsgruppe erwartet nunmehr, im ersten Quartal 1999 den Bericht durch Berücksichtigung von Kommentaren der NRWG und abschließende redaktionelle Bearbeitung in eine Form zu bringen, die im April 1999 von NRWG zur Publikation freigegeben wird.

Der Bericht umfaßt:

- Ziele, Umfang und Strategien wiederkehrender Prüfungen,
- Effizienz des Erfahrungsrückflusses,
- Übersicht über internationale Aktivitäten zur Optimierung von Prüfkonzerten mit probabilistischen Methoden,
- Anwendung der probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) auf Prüfschemata und Bewertungen,
- Diskussion des Optimierungspotentials und Folgerungen.

In den Folgerungen wird das Bestehen eines erheblichen Optimierungspotentials bejaht. Es wird ausführlich auf derzeit in den USA, aber auch in Finnland und Spanien durchgeführte Pilotprojekte einge-

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Internationale Zusammenarbeit

gangen. Verdeutlicht wird, daß die Anwendung von PSA-Methoden zur Optimierung nicht zu Lasten der Sicherheit gehen darf und daß ihre mögliche Einführung durch Auswertung der Betriebserfahrungen zu begleiten ist.

Arbeitsgruppe der CNRA der OECD/NEA über Methoden der staatlichen Aufsicht bei kerntechnischen Anlagen, Sitzungen in Prag und Budapest und Internationaler Workshop in Prag

Deutscher Vertreter: H. Klonk

Das 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 12. 06. 1998 in Prag/Tschechische Republik und vom 19.–22. 10. 1998 in Budapest/Ungarn statt. An den Sitzungen nahmen Vertreter aus 15 bzw. 13 Ländern teil. Regelmäßig wird in den Sitzungen über aufsichtlich relevante Ereignisse in Kernanlagen berichtet und neuere Entwicklungen in der Vorgehensweise bei der atomrechtlichen Aufsichtspraxis dargestellt.

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. In 1998 fertiggestellt und herausgegeben wurden die Berichte „Performance Indicators and Combining Assessments to Evaluate the Safety Performance of Licenses“, „Regulatory Inspection Practices on Fuel Element and Core Layout at NPP's“, „Comparison of the Inspection Practices in Relation to the Control Room Operator and Shift Supervisor Licenses“ und „Inspection of Licensee Activities in Emergency Planning“. Zukünftige Themen werden Aufsicht bei der Stilllegung, aufsichtliche Bewertung des Managements

und Effektivität der Aufsicht sein. Entsprechend dem 1998 neu formulierten Mandat der Arbeitsgruppe WGIP sollen über den Austausch von Erfahrungen und Methoden hinaus empfehlenswerte Praktiken herausgestellt werden.

Ergänzt, aktualisiert und 1997 als Neuaufgabe 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. Er soll zukünftig regelmäßig aktualisiert werden.

Die Arbeit der WGIP ist neben den halbjährlichen Sitzungen schwerpunktmäßig durch die Durchführung internationaler Workshops gekennzeichnet, um den Erfahrungsaustausch über den kleinen Kreis der Arbeitsgruppenmitglieder hinaus zu erreichen. Der seit 1992 nunmehr vierte von der WGIP veranstaltete Workshop hat vom 7.–11. Juni 1998 in Prag stattgefunden. Die drei Themen des Workshops (Aufsicht bei älter werdenden Kernkraftwerken, Sicherheitsanalysen sowie Ressourcenplanung der Betreiber) wurden in der WGIP inhaltlich vorbereitet. Die Mitglieder der WGIP haben an diesem Workshop wiederum aktiv als Moderatoren und Berichterstatter der Arbeitsgruppen teilgenommen. Der zusammenfassende Bericht über diesen Workshop liegt im Entwurf vor.

Die Reihe der von der WGIP veranstalteten Workshops für Inspektoren soll im Jahre 2000 fortgesetzt werden.

Beratung der IAEA zur Ausarbeitung nuklearer Sicherheitsstandards (Nuclear Safety Standards Advisory Committee – NUSSAC)

BfS-Vertreter: F.W. Krüger

Auch im Jahre 1998 wurden die Arbeiten zur systematischen Ergänzung, Vereinheitlichung und Revision des kerntechnischen Regelwerks der IAEA unter Kontrolle des NUSSAC fortgesetzt. Eine zusammenfassende Darstellung der Arbei-

ten enthält Heft 2 des IAEA Bulletins (Vol 40, No. 2 1998). Die Teilnahme an der Arbeit von NUSSAC erfolgte wie in den vergangenen Jahren im Auftrag und zur unmittelbaren Beratung des zuständigen Fachreferats im BMU.

Die Ausarbeitung der Standards in der 1997 neu gebildeten IAEA-Division on Nuclear Safety of Nuclear Installations (NSNI) hat sich bewährt. Das einheitliche Verfahren für die Vorbereitung und Prüfung von Publikationen in der Safety Standards Series führt zu besserer Qualität und Harmonisierung. Erstmals wurde eine umfassende Übersicht über alle Aktivitäten zur Revision des Regelwerks auf allen Teilgebieten (General Safety, Nuclear Safety, Radiation Safety, Waste Safety, Transport Safety) vorgelegt, die ständig aktualisiert wird. Damit besteht eine solide Grundlage für die Abstimmung der Aufgaben in den verschiedenen Bereichen und die effektive Zusammenarbeit der für einzelne Vorhaben zuständigen Technical Officers der IAEA.

Die 5. Sitzung (vom 6. bis 8. April 1998) und die 6. Sitzung (vom 12. bis 14. Oktober 1998) des NUSSAC beschäftigten sich mit den weiteren Arbeiten für die Ergänzung und Revision der IAEA-Safety Standards. Schwerpunkte der Diskussionen waren – wie in den vergangenen Jahren – die Standards für den Betrieb von Kernkraftwerken, für die Auslegung von Kernkraftwerken sowie für die regulatorischen Tätigkeiten bei Genehmigung und Aufsicht. Die NUSSAC-Sitzungen sind Meilensteine im Prozeß der Ausarbeitung und Überarbeitung der Standards geworden. Sie sind damit ein wichtiges Hilfsmittel zur Steuerung der einzelnen Aktivitäten. Verändert hat sich der Arbeitsstil von NUSSAC zwischen den Sitzungen. Viele Fragen werden im Schriftverkehr unter Nutzung der modernen Informationstechnik (e-mail, Fax) behandelt. Die NUSSAC Mitglieder leisten größere Beiträge zur Revision des Regelwerks. Das betrifft auch Umfang und Qualität der deutschen Zuarbeiten. Die von der IAEA erbetenen Stellungnahmen wurden national abgestimmt und zu den geforderten Terminen übergeben.

Im NUSS-Programm (einschließlich des Bereichs Genehmigung und Aufsicht)

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Internationale Zusammenarbeit

werden z. Z. 32 Dokumente bearbeitet. Das betrifft 4 Dokumente mit Grundforderungen (Requirements):

- Operation of Nuclear Power Plants,
- Design of Nuclear Power Plants,
- Design and Operation of Research Reactors
- Legal and Governmental Infrastructure for Safety,

sowie 28 nachgeordnete Richtlinien (Guides). Im Jahre 1998 wurde die Bearbeitung folgender Sachgebiete begonnen:

- a) für die Standortwahl von KKW
 - Design Basis Flood (River Sites) for Nuclear Power Plants
 - Design Basis Flood (Coastal Sites) for Nuclear Power Plants
- b) für die Projektierung von KKW:
 - Reactor Core Safety
 - Reactor Coolant and Associated Systems
- c) für den Betrieb von KKW:
 - Commissioning of Nuclear Power Plants
 - Recruitment, Training, Qualification and Authorization of Personnel
- d) für staatliche Genehmigung und Aufsicht:
 - Inspection and Enforcement by the Regulatory Body
 - Documentation in the Regulatory Process.

Fortgesetzt wurden die Arbeiten an einem einheitlichen Standard für alle Forderungen zum Notfallschutz (Requirements for Nuclear and Radiological Emergency Preparedness and Response). Als Ausgangsmaterial liegt eine Übersicht über alle zur Zeit existierenden Forderungen und Richtlinien zur Notfallschutzplanung vor. Es ist damit zu erwarten, daß das Ergebnis der Arbeiten die Übersichtlichkeit deutlich verbessert, Doppelungen vermeidet sowie Widersprüche aufdeckt und beseitigt.

Für 5 Dokumente des Regelwerks wurden im Jahre 1998 Stellungnahmen aus den Mitgliedsländern der IAEA erbeten. Dabei handelte es sich um:

- The Safety of Nuclear Power Plants: Plant Operations: Operational Limits, Conditions and Procedures (Draft Safety Guide),
- The Safety of Nuclear Power Plants: Plant Operations: Operating Organization (Draft Safety Guide),
- The Safety of Nuclear Power Plants: Plant Operations: Fire Safety (Draft Safety Guide),
- The Safety of Nuclear Power Plants: Design: Software for Computer Based Systems Important to Safety in Nuclear Power Plants (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 bekannt gemacht. Zu allen Dokumenten wurden deutsche Stellungnahmen in Übereinstimmung mit den eingegangenen Hinweisen abgegeben.

Beratung der IAEA zur Ausarbeitung von Sicherheitsstandards (Advisory Commission on Safety Standards – ACSS)

BfS-Vertreter: F.W. Krüger

Die IAEA hat das ihr im Statut übertragene Mandat benutzt, um international abgestimmte Vorschriften in folgenden Bereichen auszuarbeiten:

- Kerntechnische Sicherheit (Nuclear Safety),
- Strahlensicherheit (Radiation Safety),
- Sichere Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle (Waste Safety),

- Transportsicherheit (Transport Safety).

Für alle Themenbereiche wurden Standards ausgearbeitet und durch Richtlinien weiter untersetzt. Zunächst erfolgte die Ausarbeitung der Regelwerke für die genannten Bereiche weitgehend getrennt voneinander. Auch innerhalb der Bereiche waren Inkonsistenzen erkennbar. Die IAEA hat diese Situation analysiert und Schritte eingeleitet, um ein in sich geschlossenes und aufeinander abgestimmtes System von Standards aufzubauen. In diesem Zusammenhang wurde die internationale Beratung seit Beginn des Jahres 1996 neu gestaltet. Gebildet wurden folgende Gremien:

- Advisory Commission on Safety Standards – ACSS – (zum Gesamtvorhaben. Geleitet von der ACSS arbeiten folgende Beratungskomitees) –
- Nuclear Safety Standards Advisory Committee – NUSSAC
- Radiation Safety Standards Advisory Committee – RASSAC
- Waste Safety Standards Advisory Committee – WASSAC
- Transport Safety Standards Advisory Committee – TRANSSAC

Die Teilnahme an der Arbeit von ACSS erfolgte im Auftrag und zur unmittelbaren Beratung der zuständigen Fachabteilung des BMU.

Schwerpunkt der 4. Sitzung der ACSS (vom 2. Juni 1998 bis 4. Juni 1998) waren Berichte über den Fortgang der Arbeiten zur Revision des Regelwerks der IAEA. Diese Berichte wurden einerseits von Mitarbeitern des Sekretariats der IAEA und andererseits von den Sekretären sowie den Vorsitzenden der Beratungskomitees NUSSAC, RASSAC, WASSAC und TRANSSAC gegeben. Die Berichte wurden von der ACSS diskutiert und im Ergebnis zustimmend zur Kenntnis genommen.

Weiterhin wurden sieben entscheidungsreife Neufassungen von Safety Standard-Dokumenten der IAEA vorgelegt und von ACSS gebilligt. Dabei handelt es sich um folgende Regeln:

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Internationale Zusammenarbeit

a) NUSSAC:

- Safety Guide: Safety in the Commissioning of Research Reactors
- Safety Guide: Maintenance, Periodic Testing and Inspections of Research Reactors
- Safety Guide: Operational Limits and Conditions of Research Reactors
- Safety Guide: Design, Safety Assessment and Operation of Storage Facilities for Research Reactors Spent Fuel

b) RASSAC

- Safety Guide: Occupational Radiation Protection: Application of Principles (NS 69)
- Safety Guide: Occupational Radiation Protection: Assessment of Exposure from Intakes of Radionuclides
- Safety Guide: Occupational Radiation Protection: Assessment of Exposure from External Sources of Radiation

c) WASSAC

- Requirements: Near Surface Disposal of Radioactive Waste
- Safety Guide: Safety Assessment for Near Surface Disposal

ACSS trägt durch seine Arbeit zur aufeinander abgestimmten Durchführung der Arbeiten am Regelwerk und zu einer einheitlichen Ausführung bei. Die große berufliche Belastung der Mitglieder erschwert die Arbeit zwischen den Sitzungen. Wie bereits im Jahre 1997 konnte auch 1998 nur ein Treffen der Kommission organisiert werden. Die der Kommission von der IAEA eingeräumten Möglichkeiten werden bisher nicht voll genutzt.

OECD/NEA Organizing Committee of the 1999 CNRA Workshop on Staff Recruitment, Training and Retention, Paris, 15.–16. Oktober 1998

Deutscher Vertreter: H. Klonk

Das Thema „Kompetenzerhaltung in der Kerntechnik“ will das CNRA mit einem Workshop im Herbst 1999 aufgreifen, bei dem die Notwendigkeit und die einzuschlagenden Wege für die Erhaltung von Fachkenntnissen und Kompetenz sowie die Gewinnung von entsprechend qualifiziertem Personal für Behörden und Industrie diskutiert werden soll. Hierzu hatte die OECD/NEA für ein Vorbereitungskomitee eingeladen, an dem der Berichterstatter im Auftrag des BMU teilnahm. Weitere Teilnehmer kamen aus Finnland, Großbritannien, Spanien, Ungarn und USA.

Im Gegensatz zu den bereits laufenden Arbeiten bei NEA über Ausbildung und Training von fachkundigem Personal, die durch den Workshop nicht tangiert werden, soll der hier geplante Workshop sich ausdrücklich an Teilnehmer wenden, die in ihren Heimatländern über entsprechende Entscheidungskompetenzen verfügen und die erforderlichen Schritte auch in die Tat umsetzen können.

Neue Herausforderungen für kerntechnische Kompetenz ergeben sich z. B. in den Bereichen:

- Stilllegung,
- Lebensdauerverlängerung,
- Abfallbehandlung und -lagerung,
- PSA-Methodik.

Der Bedarf für eine Kompetenzerhaltung sowohl bei der Industrie als auch bei den Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden wird nach einhelliger Meinung der Vorbereitungsgruppe unabhängig von der zukünftigen Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung gegeben sein und wahrscheinlich zunehmen.

Aus einer in der Vorbereitungsgruppe erarbeiteten Stoffsammlung wurden drei Workshop-Themen definiert. Damit konnte

dann auch der Ablauf der geplanten Veranstaltung entworfen werden. Nach einer Eröffnungssitzung im Plenum mit eingeladenen Vorträgen werden Sitzungen in drei getrennten Arbeitsgruppen folgen:

- How to incorporate new safety capabilities through education and recruitment,
- How to maintain and continuously develop existing safety capabilities,
- How to establish new safety capabilities to meet future regulatory challenges.

Den Abschluß wird wiederum eine Plenarsitzung mit der Präsentation der Arbeitsgruppen, Panel-Diskussion und Verabschiedung von Empfehlungen bilden.

Aus dem Arbeitstitel des Vorbereitungskomitees (siehe Titel) wurde als griffige und kurze Bezeichnung des Workshops die folgende Formulierung gewählt: „Assuring nuclear safety competence into the 21st century“.

Ein Vorschlag für das Gastgeberland konnte noch nicht gefunden werden. Im Nachgang zur Sitzung wurde Budapest vorgeschlagen. Als Zeitpunkt des Workshops ist die erste Oktoberhälfte 1999 vorgesehen.

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 12 OECD-Staaten, die Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufes betreiben. Zum neunzehnten Treffen dieser Arbeitsgruppe war vom 29. bis 30. Oktober 1998 in die Zentrale der OECD Nuclear Energy Agency eingeladen worden. Es nahmen Mitglieder aus Belgien, Deutschland, Frankreich, Großbritannien und Japan teil. Auch die IAEA war vertreten.

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Internationale Zusammenarbeit

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. Im Jahr 1998 wurden von den nationalen FINAS-Koordinatoren auf der

Basis der von der OECD erarbeiteten Berichterstattungskriterien 14 Ereignisse aus den Teilnehmerstaaten an die Zentrale gemeldet.

Neben intensivem Informationsaustausch über nationale Entwicklungen im Kernbrennstoffkreislauf wurden von den Teilnehmern auf der Basis einer vorab verschickten Frageliste die aktuellen und die geplanten Forschungsprojekte der Mitgliedsländer erläutert. Durch die Auswer-

tung dieser Berichte durch die OECD soll eine gute Zusammenarbeit bei Forschungsarbeiten und beim Austausch der Ergebnisse erreicht werden.

Aus aktuellem Anlaß bildete der Informationsaustausch zu Kontaminationen an Transportbehältern für abgebrannte Brennelemente und das weitere Vorgehen bei künftigen Transporten einen zusätzlichen Schwerpunkt der Beratungen der Arbeitsgruppe.

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Wissenschaftliche Publikationen

BfS-KT-Berichte

Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz
Loseblattsammlung seit 1978
26. Ergänzung 12/98
RSH_PC26, entsprechende Dateisammlungen in WINWORD

Übersetzungen von Regeln und Richtlinien

6/97 (bilingual)
Determination of the Radiation Exposure from Discharge of Radioactive Substances from Nuclear Plants or Facilities, General Administrative Provision Regarding § 45 Radiation Protection Ordinance of February 21, 1990

Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen, Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung vom 21. Februar 1990

7/97 (bilingual)
Act on the Establishment of a Federal Office for Radiation Protection of 9 October 1989, last Amendment by the Act of 25 September 1990

Gesetz über die Errichtung eines Bundesamtes für Strahlenschutz vom 9. Oktober 1989, zuletzt geändert durch Gesetz vom 25. September 1990

7/98
Data for the Evaluation of site Properties for Nuclear Power Plants of June 11, 1975

Bewertungsdaten für Kernkraftwerksstandorte vom 11. Juni 1975

Publikationen

Becker, D. E.; Reiner, M.
Alterungsmanagement in deutschen Kernkraftwerken.
Kerntechnik. Vol 63, August 1998, Seite 206–209

Becker, D. E.; Reiner, M.
Ageing Management in German Nuclear Power Plants.

In:
IAEA: International Conference on Topical Issues in Nuclear, Radiation and Radioactive Waste Safety, Wien, 31. August–4. September 1998

Becker, D. E.
Concept of Assistance of the Federal Office for Radiation Protection with Regard to Serious Cases of Prevention of Nuclear Hazards.

In:
IAEA: International Conference on the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials, Dijon, 14.–18. September 1998

Becker, D. E.; Kesten, J.; Koschel, P.
Systems for Non-Destructive Assay of Objects with Unknown Content.

In:
IAEA: International Conference on the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials, Dijon, 14.–18. September 1998

Becker, D. E.
Occupational Radiation Exposure by Natural Radiation Sources.

In:
2nd European ALARA Network Workshop on Good Radiation Practices in Industry and Research, NRPB-UK, 23.–25. November 1998

Berg, H.P.
Fire Safety Regulations and Licensing
In:
Upgrading of Fire Safety in Nuclear Power Plants, Hrsg. International Atomic Energy Agency, Wien, IAEA-TEC-DOC-1014, April 1998, pp. 223–227

Berg, H.P.; Görtz, R.
Current Status of Regulatory Guidance for PSA Application in Germany.
In:
Proceedings of TOPSAFE '98, Valencia, April 15–17, 1998, CD-ROM, Paper TSA 2

Berg, H. P.; Görtz, R.
PSA as Part of Safety Reviews of Nuclear Power Plants in Germany.
In:
Proceedings of the Conference Probabilistic Safety Assessment and Management

(PSAM 4), Vol. 1, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1998, pp. 597–602

Berg, H. P.; Görtz, R.
Regulatory Guidance on PSA in Germany. Kerntechnik 63', 1998, No. 5–6, pp. 278–281

Berg, H. P.; Schaefer, T.
Deterministic and Probabilistic Methods to Assess the Reliability of Structures and Components of Operating Nuclear Power Plants.

In:
Proceedings of the ESREL '98 Conference: Safety and Reliability, Vol. 2, A. A. Balkema, Rotterdam, 1998, pp. 991–998

Gelfort, E.; Kraemer, J.; Spoden, E.
Statusbericht: Ost-Forschungsreaktoren Heft 2 – Februar 1998, pp atw 43. Jg 87–98

Görtz, R.; Berg, H. P.; Feige, G.
Die Bedeutung der PSA für die Sicherheitsbeurteilung von Kernkraftwerken – Stand und Entwicklungslinien.

In:
Berichtsheft der Jahrestagung Kerntechnik '98, Fachsitzung Probabilistische Sicherheitsanalysen; Zuverlässigkeitsmanagement; menschliche Faktoren, Hrsg. Deutsches Atomforum, INFORUM Verlag, Bonn, Juli 1998, S. 5–19

Görtz, R.; Berg, H. P.; Schott, H.
Die technischen PSA-Unterlagen zu den behördlichen Leitfäden zur PSÜ – Entwicklung, wesentliche Inhalte und Fortschreibung –.

In:
Tagungsband der Fachtagung Sicherheit und Zuverlässigkeit, Harald Meyer VDI Ingenieurgesellschaft mbH, Frankfurt, 23.–24. September 1998

Hoffmann, H.; Berg, H. P.
Fire Probabilistic Safety Assessment – Method Outlined in the German PSA Guideline and its Application in German Nuclear Power Plants.

In:
Proceeding of Fifth Post Conference Seminar No. 6 – Fire Safety in Nuclear Power Plants and Installations, Lyon, France, August 25–29, 1997, EdF, Direction d L' Equipment, pp. 123–137

Röwekamp, M.; Berg, H. P.
German Data for Risk Based Fire Safety Assessment.

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Wissenschaftliche Publikationen

In:

Upgrading of Fire Safety in Nuclear Power Plants, Hrsg. International Atomic Energy Agency, Wien, IAEA-TEC-DOC-1014, April 1998, pp. 173–180

Schott, H.; Berg, H. P.

Development of Probabilistic Methods for Safety Assessment of Nuclear Power Plants.

In:

ENC '98, Transactions, Vol. III, Post Papers, European Nuclear Society, Nice, 1998, pp. 302–306

Seidel, F.

Application of the Defense-in-Depth Concept to Qualify Computer-Based Instrumentation and Control Systems Important to Safety.

IAEA Specialists' Meeting on Design and Assessment of Instrumentation and Control Systems in NPP Coping with Rapid Technology Change, Garching, 6. bis 8. Oktober 1998

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Wissenschaftliche Vorträge

Becker, D. E.

Das Konzept des Bundesamtes für Strahlenschutz zur Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr.
PTB/BfS-Seminar BfS, Salzgitter, 5. Mai 1998

Becker, D. E.

Berufliche Strahlenexposition durch natürliche radioaktive Stoffe (außer Radon).
Fachseminar Strahlenschutz der Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung von Mecklenburg-Vorpommern (LPS), Berlin, 17.–18. Juni 1998

Becker, D. E.

Occupational Radiation Exposure by Natural Radiation Sources.
2nd European ALARA Network Workshop on Good Radiation Practices in Industry and Research, NRPB-UK, 23.–25. November 1998

Berg, H. P.; Görtz, R.

Current Status of Regulatory Guidance for PSA Application in Germany.
TOPSAFE '98, Valencia, 17. April 1998

Berg, H. P.; Schaefer, T.

Deterministic and Probabilistic Methods to Assess the Reliability of Structures and Components of Operating Nuclear Power Plants.
ESREL '98 Conference: Safety and Reliability, Trondheim, 19. Juni 1998

Berg, H. P.

Current Topics on Improving PSA Insights for Reliability Considerations of Mechanical Components and Structures.
ESRA-Workshop on Reliability of Mechanical Components and Structures, Trondheim, 19. Juni 1998

Berg, H. P.; Görtz, R.

PSA as Part of Safety Reviews of Nuclear Power Plants in Germany.
Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM 4), New York City, 16. September 1998

Berg, H. P.; Görtz, R.; Schaefer, T.

Regulatory Viewpoints of PSA in Germany.
IAEA Technical Committee Meeting on „PSA Applications to Improve NPP Safety“, Madrid, 24. Februar 1998

Bröcking, D.; Görtz, R.

Herleitung von Freigabekriterien für Reststoffe.
Seminar Stilllegung und Entsorgung von Nuklearanlagen, Technische Akademie Wuppertal, Wuppertal, 19. Februar 1998

Görtz, R.; Berg, H. P.; Feige, G.

Die Bedeutung der PSA für die Sicherheitsbeurteilung von Kernkraftwerken – Stand und Entwicklungslinien.
Jahrestagung Kerntechnik '98, München, 27. Mai 1998

Görtz, R.; Berg, H. P.; Schott, H.

Die technischen PSA-Unterlagen zu den behördlichen Leitfäden zur PSÜ – Entwicklung, wesentliche Inhalte und Fortschreibung.
Fachtagung Sicherheit und Zuverlässigkeit, Harald Meyer VDI, Darmstadt, 23. September 1998

Görtz, R.; Graf, R.; Weil, L.

Stilllegung kerntechnischer Anlagen: Radioaktive Ableitungen, Strahlenexposition des Personals, Risikobetrachtungen.
Seminar Stilllegung und Entsorgung von Nuklearanlagen, Technische Akademie Wuppertal, Wuppertal, 18. Februar 1998

Mertens, J.-D.

Grundlagen Strahlenphysik. Umgang mit radioaktiven Stoffen. Grundsätze und Maßnahmen des Strahlenschutzes
Bundeskriminalamt
Seminar „Umweltkriminalität“
Wiesbaden 21. Januar 1998
Wiesbaden 08. Oktober 1998

Schott, H.; Berg, H. P.

Development of Probabilistic Methods for Safety Assessment of Nuclear Power Plants.
ENC '98, Nizza, 1998, 26. Oktober 1998

Weil, L.

Das Illicit Trafficking Combating Programm der IAEA und des Weltzollverbandes WCO
„Maßnahmen gegen den illegalen Umgang mit Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen“
Vortrag im Rahmen des KT-Seminars am 22. Januar 1998

Weil, L.

The Decommissioning Guide – a Practical Help?
SFEN/ANS/ENS/NEA-Konferenz
„Le Démentèlement des Installations Nucléaires“
Avignon, 15.–18. März 1998

Weil, L.

Licensing and Regulatory Supervision: Legal and Organization Framework
Required Licensing Information and its Review (1)
Required Licensing Information and its Review (2)
German Case Examples for Evaluation of technical Specifications and Site Properties
Vorlesungen im Rahmen des IAEA Interregional Training Course
„Regulatory Aspects and Safety Documentation of Research Reactors“
Argonne, USA und Chalk River, Kanada
18. Mai – 5. Juni 1998

Weil, L.

Measures to Prevent Breaches in the Security of Radioactive Materials (from Production to Disposal), Experience with Criminal Acts Involving Radioactive Materials
Rapporteur's Overview and Summary
IAEA/WCO/Interpol-Konferenz „Safety of Radiation Sources and Security of Radioactive Materials“
Dijon, 14.–18. September 1998

Weil, L.

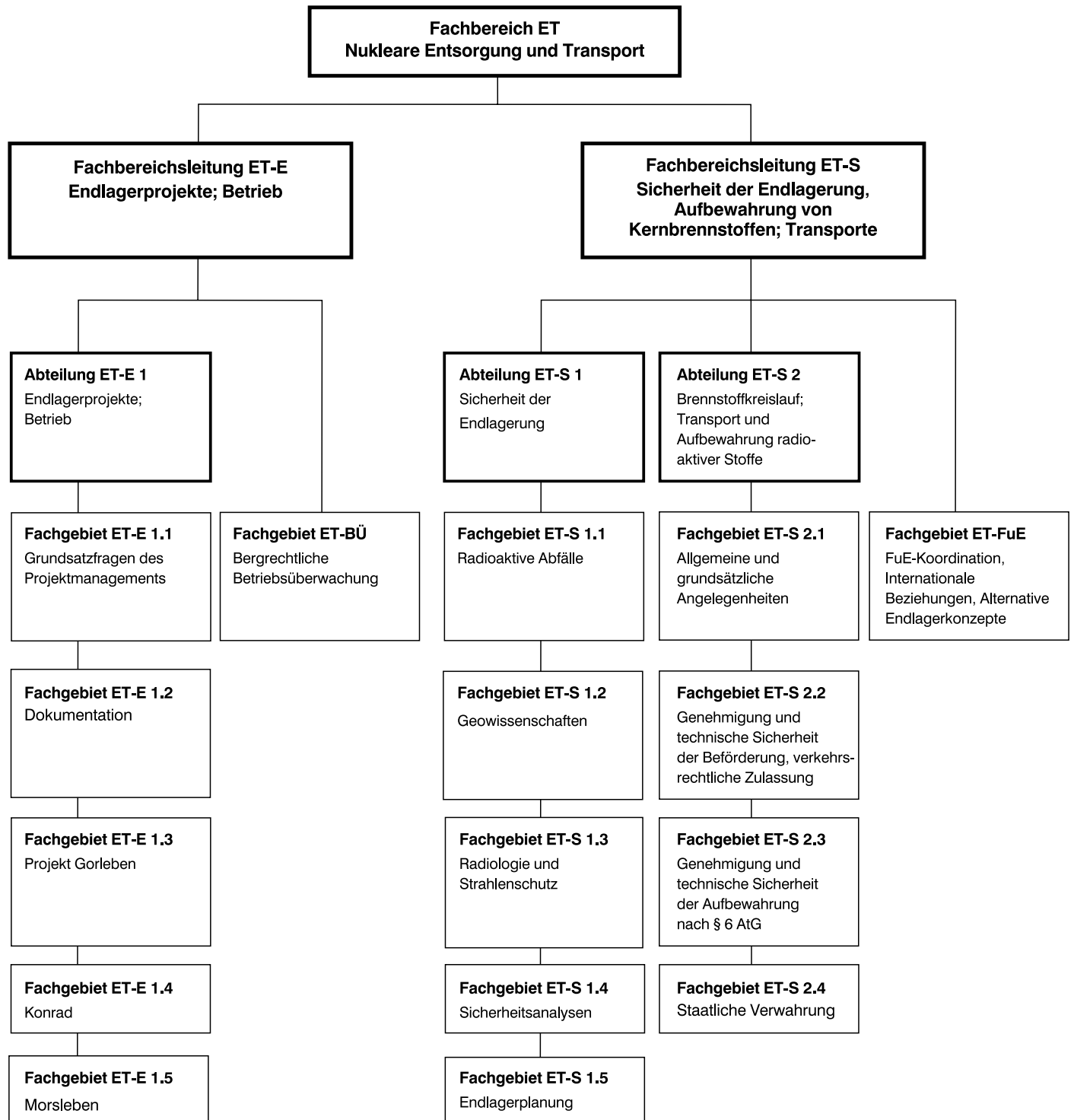
Decommissioning of Nuclear Installations in Germany
Decommissioning Projects in Germany
Regulatory Framework
Licensing Procedures and Decommissioning Strategies
Review of Experience and Activities
– General Aspects NPPs and Research Reactors
– KRB-A Nuclear Power Plant Gundremmingen (D)
– KGR Nuclear Power Plant Greifswald (D)
– Decommissioning after Incidents and Accidents
– Specific Aspects – Research Reactors
– Costs and Funding
– Safe Enclosure
Radiological Aspects During Decommissioning – Overview
– Waste Management and Clearance of Materials
Vorlesungen im Rahmen des IAEA-„Regional Workshop on Decommissioning“
Ljubljana, 17.–19. November 1998

Weil, L.

Measures Against Illicit Trafficking of Radioactive Materials and Nuclear Hazards in Germany
Vortrag im Rahmen des IAEA – „International Seminar on Safeguards Information, Reporting and Processing“
Wien, 30. November – 4. Dezember 1998

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Bericht des Fachbereichs



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 des Einlagebetriebses gemäß den vertraglichen Verpflichtungen des Bundes für das 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 Schachtbauseins der Schächte Gorleben und der untätigen Erkundung des Erkundungsbereiches EB 1.

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 1998 ergaben sich mehrere Aufgabenschwerpunkte. Sie betrafen die Produktkontrolle von Abfällen, die im ERAM endgelagert wurden. Zum Verfüllen und Verschließen dieses Endlagers erfolgten weiterführende Arbeiten. Der Nahbereich der Schächte Marie und Bartensleben des ERAM wurde mit einem Bohrprogramm erkundet.

Im Projekt Gorleben wurden die Strömungsverhältnisse des Tiefengrundwassers nördlich des Salzstocks mit einem Großpumpversuch untersucht und damit die geowissenschaftlichen übertägigen Erkundungen nördlich der Elbe auf dem Gebiet der ehemaligen DDR abgeschlossen.

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.

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.

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Bericht des Fachbereichs

- 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.

Dem Fachgebiet ET-S 2.1 wurde weiterhin die rechtliche Betreuung von Prüfverfahren nach § 7 c AtG übertragen. Die fachliche Bearbeitung der Prüfverfahren obliegt dem Fachbereich KT.

Arbeitsschwerpunkte des Fachbereichs ET

Projekt Gorleben

Die Aktualisierung des Endlagerkonzeptes Gorleben, mit dem die Datenbasis für die weitere Konzeptplanung und die standortspezifischen Sicherheitsanalysen fortgeschrieben wurde, konnte abgeschlossen werden. So wurden u. a. entsprechend der Festlegung, zuerst den Nordostteil des Salzstocks Gorleben auf seine Eignung zur Aufnahme eines Endlagers zu erkunden, Errichtung, Betrieb und Stilllegung eines Endlagerbergwerks in diesem Bereich modellmäßig betrachtet. Neue Technologien, z. B. für die direkte Endlagerung abgebrannter Brennelemente in Bohrlöchern und unterschiedliche Szenarien für die Abfallmengenentwicklung, wurden untersucht und bewertet.

Mit den Ergebnissen des durchgeführten geowissenschaftlichen Erkundungsprogramms aus den bisher aufgefahrenen Strecken und Räumen sowie den durchgeführten Bohrungen stehen erstmals Daten aus in-situ-Untersuchungen im Teufbereich des geplanten Endlagers und insbesondere in der für die Einlagerung stark wärmeentwickelnder Abfälle vorgesehenen Formation, dem Hauptsatz des Älteren Steinsalzes, zur Verfügung.

Das ergänzende übertägige Untersuchungsprogramm im Raum nördlich der

Elbe wurde beendet. Damit liegen die für die hydrologische und hydrogeologische Charakterisierung des Deckgebirges über dem Salzstock Gorleben notwendigen Daten und Informationen vor, die eine wesentliche Voraussetzung zur Modellierung eines potentiellen Wasserpfads in der Nachbetriebsphase des geplanten Endlagers Gorleben sind.

Untertägige Arbeiten

Nachdem im November 1997 die Teufarbeiten im Schacht 1 beendet waren, mußten die Teufeneinrichtungen für die nachfolgenden Montagen der Schachteinbauten umgebaut werden. Nach Abschluß der Montagearbeiten im Schacht wurden die Fördereinrichtungen der Abteufanlage demontiert. Mit der Vormontage des übertägigen Führungsgerüsts für die Schachtförderanlage wurde begonnen.

Parallel zu den Arbeiten im Schacht 1 wurden unter Tage weitere Strecken und Grubenräume aufgefahren. Fertiggestellt sind u. a. die gesamte Abwettersohle auf 820 m sowie bis auf wenige Ausnahmen der gesamte Infrastrukturbereich auf der 840-m-Sohle. Auch die Schachtunterfahrung von der 840-m-Sohle zur 880-m-Sohle wurde vollständig aufgefahren.

Gebäude und Außenanlagen

Im Berichtszeitraum wurden die Rohbauten weiterer Gebäude wie der Halle für die Friktionswinde, der Halle für die Ausrüstungen zum Seilauflegen und der Waschküche abgeschlossen.

Weiterhin wurden Rohbau- bzw. Montagearbeiten an der Schachthalle, der Verladeanlage, der Seilfahrrücke und dem Zuluftgebäude durchgeführt.

Projekt und Betrieb Konrad

Zu Beginn des Jahres 1998 schienen zunächst alle Anzeichen darauf hin zu deuten, daß das mittlerweile 16 Jahre dauernde Planfeststellungsverfahren Mitte des Jahres abgeschlossen werden könnte.

Seitens BfS wurden noch einige Nachforderungen des NMU insbesondere zum Wasserrecht erfüllt. So mußte auf der Grundlage der in 1997 in Kraft getretenen Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung) seitens BfS detailliert nachgewiesen werden, daß eine mögliche Verschmutzung des Grundwassers durch die im Endlager eingelagerten Abfallgebinde nicht zu besorgen ist. Das Ergebnis der Prüfung durch NMU und den zugezogenen Fachbehörden mündete in dem Entwurf einer gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis. Mit dieser Erlaubnis sollte dem BfS gestattet werden, radioaktive Abfälle und die damit verbundenen nichtradioaktiven Stoffe bis zu einer Gesamtmenge von 650.000 m³ unter gewissen Beschränkungen und Nebenbestimmungen endzulagern.

Im ersten Quartal wurde die Anhörung zu den Nebenbestimmungen aus dem Straßenrecht, dem Naturschutzrecht und dem Baurecht abgeschlossen. Darüber hinaus erfolgte die nochmalige Beteiligung des BfS durch NMU zu einigen modifizierten bzw. neuen Auflagenvorschlägen. Alle im Zusammenhang mit dem Planfeststellungsverfahren bis dahin erforderlichen Arbeiten des BfS waren im Mai 1998 abgeschlossen. Vor diesem Hintergrund sah der weitere Terminrahmen des NMU vor, einen positiven Planfeststellungsbeschluß im Juli 1998 zu erteilen. Die Arbeiten am Planfeststellungsbeschluß wurden seitens NMU jedoch am 28. Mai 1998 unterbrochen, bis die Frage geklärt ist, ob Rückschlüsse aus den Kontaminationsvorkommnissen bei Transportbehältern auf das Planfeststellungsverfahren zu ziehen sind.

Unabhängig vom Verlauf des Genehmigungsverfahrens wurden die auf gesetzlicher Grundlage erforderlichen Planungsarbeiten mit dem Ziel der Errichtung und des Betriebes des Endlagers Konrad weiter zügig fortgesetzt. Die Errichtungsphase soll vier Jahre dauern.

Um den gegenwärtigen Vorhabensstand zu erreichen, wurden während der bisherigen Projektlaufzeit für 24 Komponenten Planungsaufträge mit einem Auftragswert von insgesamt ca. 300 Mio. DM vergeben. Änderungen gegenüber dem Vorjahresstand sind aufgrund der erneuten

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Bericht des Fachbereichs

Verzögerungen nicht eingetreten. Für das Projekt Endlager Konrad sind mittlerweile insgesamt ca. 1.424 Mio. DM verausgabt worden.

Darüber hinaus wurden auch im Jahr 1998 auf der Schachanlage Konrad Arbeiten über und unter Tage ausgeführt, die der Offenhaltung der Grube und der Aufrechterhaltung der Grubensicherheit dienen.

Morsleben

Das ERAM wird auf der Basis der bestehenden Dauerbetriebsgenehmigung (DBG) vom 22. April 1986 zur Endlagerung von niedrig- und mittelradioaktiven Abfällen mit überwiegend kurzlebigen Radionukliden aus

- dem Betrieb von Kernkraftwerken,
- der Stilllegung von kerntechnischen Anlagen,
- der kerntechnischen Industrie,
- Forschungseinrichtungen,
- Landessammelstellen bzw. direkt von Kleinverursachern und
- dem Umgang sonstiger Anwender (z. B. Bundeswehr)

betrieben. Bis Anfang 1991 sind 14.432 m³ radioaktive Abfälle mit einer Gesamtaktivität von ca. 9,5E+13 Bq (bezogen auf den 30. September 1998) aus der ehemaligen DDR bzw. den neuen Bundesländern im ERAM endgelagert worden. Seit Januar 1994 – dem Zeitpunkt der Wiederinbetriebnahme nach zwischenzeitlichen Prüfungen – sind bis September 1998 22.320 m³ eingelagert worden. Diese weisen eine Gesamt-Alpha-Aktivität von 6,5E+10 Bq (bezogen auf den 30. September 1998) und eine Gesamt-Beta/Gamma-Aktivität von 7,5E+13 Bq (bezogen auf den 30. September 1998) auf.

Etwa 98 % des eingelagerten Volumens wurde 1998 in Stapeltechnik überwiegend im Ostfeld des ERAM endgelagert. Es wurden ausschließlich feste, zumeist verpreßte Mischabfälle der Strahlenschutzgruppen S1 und S2 gestapelt. Etwa 2 % des Abfallvolumens wurde im Südfeld verstrahlt. Es handelt 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 meßtechnisch nicht nachweisbar.

Am 25. September 1998 hat das OVG Magdeburg einem Eilantrag des BUND vom 13. November 1997 teilweise stattgegeben. Mit dem Beschluß des Gerichtes ist die weitere Einlagerung im Ostfeld bis zu einer Entscheidung in der Hauptsache untersagt worden. Die Verwendbarkeit handelsüblicher Verpackungen im Rahmen der DBG ist vom Gericht bestätigt worden. Sicherheitsbedenken gegen den Endlagerbetrieb wurden nicht erhoben.

BfS hat die Einlagerung in das ERAM daraufhin bis auf weiteres ausgesetzt.

Für die im ERAM zwischengelagerten radioaktiven Stoffe – sieben Spezialcontainer mit Kobalt-60-Quellen, Cäsium-137-Quellen und Europiumstäben sowie ein Faß mit Radium-Abfällen – sieht das BfS den weiteren Verbleib im ERAM vor.

Die Arbeiten für das Planfeststellungsverfahren (PFV) zur Stilllegung des ERAM sind weitergeführt worden. Hierbei ist zugrunde gelegt worden, daß zum Ende des Einlagerungsbetriebes 55.000 m³ radioaktive Abfälle mit einer Gesamtaktivität in der Größenordnung von 10E+16 Bq eingelagert sind.

Wesentliche Grundlage für die Erstellung der Unterlagen für das PFV ist ein Untersuchungsprogramm, das folgende Hauptpunkte enthält:

- Durchführung der Umweltverträglichkeitsprüfung,
- allgemeine und geographische Standorterkundung,
- geowissenschaftliche Standorterkundung über und unter Tage,
- gebirgsmechanische Untersuchungen zum Nachweis der Integrität und Stabilität des Endlagerbergwerks,
- Erarbeitung von Stilllegungskonzepten zum Abschluß des Bergwerkbetriebes sowie Untersuchungen zur Nachbetriebsphase und

- Anlagen- und Betriebsplanung einschließlich Sicherheitsanalysen.

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) für das PFV zur Stilllegung des ERAM sind in der Vegetationsperiode 1998 die Kartierarbeiten im Untersuchungsgebiet durchgeführt worden. Die Untersuchungen zur UVP werden auf der Grundlage des Untersuchungsrahmens durchgeführt. Der Untersuchungsrahmen wurde von der Planfeststellungsbehörde festgelegt. Er ist das Ergebnis aus dem Scoping-Verfahren, in dem die Planfeststellungsbehörde weitere Fachbehörden und anerkannte Naturschutzverbände beteiligt hatte.

Die allgemeine und geographische Standorterkundung sowie die geowissenschaftliche Standorterkundung mit dem Ziel, Grundlagen für eine geologische und hydrogeologische Standortbeschreibung und für die hydraulischen Modellrechnungen zum Langzeitsicherheitsnachweis zu schaffen, sind im wesentlichen abgeschlossen.

Im Rahmen der gebirgsmechanischen Untersuchungen wurden über und unter Tage geotechnische Messungen durchgeführt, die sowohl der untertägigen Erkundung als auch der Beweissicherung dienen. Die Ergebnisse fließen in die Bewertung der Standsicherheit des Grubenbaues und der Barrierenwirkung des Salzgesteins ein.

Für die Stilllegung des ERAM sind umfangreiche Verfüll- und Verschießmaßnahmen vorgesehen. Dazu sind Maßnahmen zur Stabilisierung und Abdichtung geplant. Damit bleibt auch die natürliche geologische Barriere langfristig erhalten. Hierzu werden zwei Konzepte betrachtet. Beide Konzepte stellen sicher, daß die Schutzziele gemäß dem Atomgesetz eingehalten werden.

Das Stilllegungskonzept des dichten Einschlusses der radioaktiven Abfälle mit äußerer (geologischer) Barriere und inneren Barrieren sieht vor, daß auch in großen Zeiträumen keine Lösungen von außen zu den Abfällen gelangen. Dadurch können auch keine Radionuklide freigesetzt werden. Voraussetzung für die Wirksamkeit der Maßnahmen sind Bauwerke mit langfristig hoher abdichtender Wirkung. Sie

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Bericht des Fachbereichs

müssen so im Grubengebäude platziert werden, daß langfristig ausreichend Hohlraumvolumen zur Speicherung entstehender Gase zur Verfügung gestellt wird.

Neben dem Konzept des dichten Einschlusses wird ein Konzept entwickelt, welches auf dem Prinzip der Verzögerung des Radionuklidtransportes beruht. Zutretende Lösungen werden über lange definierte Ausbreitungswege in porösen Materialien gespeichert. Die Anforderungen an Abdichtbauwerke sind geringer und große Volumina zur Gasspeicherung werden nicht benötigt. Vor dem Hintergrund möglicher Umlöseprozesse ist ein hoher Verfüllgrad des Grubengebäudes zur Reduzierung eines möglichen Lösungsvolumens erforderlich.

Istkosten der Endlagerprojekte

Projekt Gorleben: Die bis Ende 1998 aufgelaufenen Kosten betragen ca. 2,15 Mrd. DM.

Projekt Konrad: Die bis Ende 1998 aufgelaufenen Kosten betragen ca. 1,42 Mrd. DM.

Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM): Die bis Ende 1998 aufgelaufenen Kosten betragen ca. 0,54 Mrd. DM.

Genehmigungsverfahren zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen (§ 6 AtG)

Transportbehälterlager Gorleben

Stand der Einlagerung

Es befinden sich nach wie vor 5 Behälter mit abgebrannten Brennelementen sowie 3 Behälter mit HAW-Glaskokillen im Lager.

Änderungsverfahren

Zur Zeit wird ein Entwurf für eine Änderungsgenehmigung erstellt. Der Umfang:

- a. Aufnahme der weiteren Behälterbauart CASTOR V/52 für SWR-BE.

- b. Brennelemente mit fehlenden oder durch Dummies ersetzten Brennstäben in den Behältern CASTOR V/19 und V/52.

- c. Aufnahme der GNS mbH als MitgenehmigungsinhaberIn.

Beschluß des VG Lüneburg vom 15. Juni 1998 (7 A 101/92)

Nachdem im gerichtlichen Verfahren über eine Anfechtungsklage privater Kläger gegen die Aufbewahrungsgenehmigung für das Transportbehälterlager Gorleben vom 5. September 1983 (Altgenehmigung) alle Prozeßparteien die Erledigung der Hauptsache erklärt haben, hat das VG Lüneburg am 15. Juni 1998 die Einstellung des Verfahrens beschlossen. Der Beschluß ist unanfechtbar. Der Rechtsstreit ist damit abgeschlossen.

Transportbehälterlager Ahaus

Stand der Einlagerung

Mit der Einlagerung von 3 Behältern CASTOR V/19 und 3 Behältern CASTOR V/52 am 20. März 1998 zusätzlich zu den 305 Behältern CASTOR THTR/AVR wurde die Neugenehmigung vom 7. November 1997 ausgenutzt. Ein Antrag auf Aussetzung der angeordneten sofortigen Vollziehung ist nicht gestellt worden.

Änderungsverfahren

Im Verfahren zur Aufbewahrung von Forschungsreaktor-Brennelementen des VKTA Rossendorf in Behältern der Bauart CASTOR MTR 2 müssen noch zusätzliche Maßnahmen zur Verhinderung unerwünschter Kontamination und Korrosion Berücksichtigung finden.

Ein Verfahren zur Inventaränderung für den Behälter CASTOR V/19 ab Seriennummer 06 (GKN1-BE, Mischbeladung, Erhöhung der Schwermetallmasse und der Anreicherung) soll in einem ersten Bescheidungs-schritt behandelt werden.

Beschluß des BVerwG vom 2. Juli 1998 (11 B 30.97)

Im Rechtsstreit um die Aufbewahrungsgenehmigung für das Transportbehälterlager Ahaus vom 10. April 1987, zuletzt geändert mit der 6. Änderung vom 6. Novem-

ber 1995 (Altgenehmigung) hat das Bundesverwaltungsgericht den Antrag von im Rahmen einer Anfechtungsklage bei dem OVG Münster unterlegenen privaten Klägern auf Zulassung der Revision durch Beschluß vom 2. Juli 1998 zurückgewiesen. Das Verfahren um die Altgenehmigung ist damit rechtskräftig beendet.

Anfechtungsklage gegen die Neugenehmigung bei dem OVG Münster

Gegen die Aufbewahrungsgenehmigung für das Transportbehälterlager Ahaus vom 7. November 1997 (Neugenehmigung) haben am 29. Januar 1998 zwei Privatpersonen Anfechtungsklage bei dem Oberverwaltungsgericht für das Land Nordrhein-Westfalen in Münster erhoben (Az.: 21 D 13/98.AK). Eine Klagebegründung liegt noch nicht vor.

Behälterlager der Forschungszentrum Jülich GmbH

Die Genehmigung für das AVR-Behälterlager ist bis zum 30. Juni 2013 befristet. Im Behälterlager befinden sich zur Zeit 114 Behälter der Bauart CASTOR THTR/AVR. Es ist geplant, weitere 44 Behälter einzulagern. Zur Zeit laufen Änderungsverfahren für technische Details der Aufbewahrung ohne Änderung der genehmigten Höchst-mengen. Im Zusammenhang mit der Betrachtung von Paläoerdbeben im Raum Jülich hat sich die Forschungszentrum Jülich GmbH entschlossen, nicht mehr die Standsicherheit des Lagergebäudes nachzuweisen, sondern im Sicherheits-nachweis eine Trümmerbedeckung der CASTOR THTR/AVR-Behälter zuzulassen.

Zwischenlager für abgebrannten Brennstoff (ZAB) in Greifswald

Am 31. Dezember 1998 waren 4547 Brennstoffkassetten im ZAB eingelagert. Durch das Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes und des Gesetzes zur Errichtung eines Bundesamtes für Strahlenschutz vom 6. April 1998 wurde die Fortgeltung der vom SAAS der ehemaligen DDR erteilten Zustimmung zur Inbetriebnahme des SAAS nach § 57 a Abs. 1 Nr. 1 Satz 1 AtG bis zum 30. Juni 2005 verlängert.

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Bericht des Fachbereichs

Transportbehälterlager des Zwischenlagers Nord (ZLN) in Rubenow

Nach Abschluß der Messungen zur potentiellen Feuchte-Freisetzung aus defekten Brennelementen wurde der Entwurf der Aufbewahrungsgenehmigung zum Transportbehälterlager des Zwischenlagers Nord – bis auf die Einarbeitung der nach Art. 37 des EURATOM-Vertrags erforderlichen Stellungnahme der EU-Kommission – fertiggestellt. Das BfS hat der EWN GmbH und der ZLN GmbH nach § 38 VwVfG zugesichert, nach Vorliegen der Stellungnahme der EU-Kommission eine Aufbewahrungsgenehmigung nach § 6 AtG für das ZLN zu erlassen, soweit nicht die Stellungnahme der Kommission oder eine zwischenzeitlich eingetretene Änderung der Sach- oder Rechtslage eine andere Entscheidung bedingen.

Im Zuge der Kalterprobungen der Trocknungsanlage wurde festgestellt, daß sich trotz vorschriftsmäßiger Trocknung noch einzelne Wassertröpfchen zwischen der äußeren Aluminium- und der inneren Edelstahlummantelung der großen Primärdeckeldichtung befanden. Die Konsequenzen dieses Befundes – auch für andere, naß beladene Behälter – werden zur Zeit erörtert.

Zwischenlager in Lingen

Am 22. Dezember 1998 wurde der Antrag auf Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen in einem zu errichtenden Brennelemente-Zwischenlager am Kernkraftwerk Emsland gestellt.

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 Begutachtung und Prüfung der Einrichtungen und Maßnahmen zur Anlagensicherung des ZLN sind abgeschlossen. Das „BfS-Schreiben zur Anlagensicherung“ (VS-NfD) wurde termingerecht fertiggestellt und mit den beteiligten Behörden abgestimmt.

Da die Aufbewahrungsgenehmigung für das ZLN noch nicht erteilt wurde, kann das o. g. Schreiben, das Bestandteil dieser Genehmigung ist, derzeit noch nicht rechtsgültig erlassen werden.

ZAB Greifswald

Für das ZAB wurde auf der Grundlage von EWN-Änderungsanzeigen eine Änderungsgenehmigung zur Optimierung der Anlagensicherung erteilt. Die EWN möchte von dieser rechtskräftigen, mit Umsetzungsfristen versehenen, Änderungsgenehmigung keinen Gebrauch machen und statt dessen Ersatzmaßnahmen zur Optimierung der Anlagensicherung ergreifen.

Die Begutachtung und Prüfung der von EWN geplanten Ersatzmaßnahmen auf „Äquivalenz und Schutzzielorientierung“ im Vergleich bzw. als Ersatz zu der erteilten Änderungsgenehmigung dauert zur Zeit noch an. Die zur abschließenden Bewertung bzw. Prüfung dieser Ersatzmaßnahmen notwendigen EWN-Unterlagen liegen derzeit noch nicht vollständig vor.

Nach derzeitiger Einschätzung kann daher erst gegen Ende des ersten Quartals 1999 ein Bescheid durch das BfS erteilt werden.

Transportbehälterlager Ahaus

Im Rahmen der beantragten Änderungsgenehmigung für das Transportbehälterlager Ahaus bezüglich der Einlagerung von MTR-Brennelementen wird zur Zeit die Einstu-

fung des Transportbehälterlagers Ahaus in die Sicherungskategorie II überprüft.

Es ist beabsichtigt, im Rahmen der Änderungsgenehmigung ein entsprechendes Schreiben zur Anlagensicherung zu erlassen.

Zuverlässigkeitsüberprüfungen in Genehmigungsverfahren nach §§ 4 und 6 AtG

Im Jahre 1998 wurden ca. 500 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 ist eine Außenstelle des BfS mit dem entsprechenden Betriebspersonal und den notwendigen Einrichtungen installiert. Mit Hilfe der im Jahr 1997 installierten, zerstörungsfreien Analysen in Form von gamma-spektroskopischen Untersuchungen und von Messungen der koinzidenten Neutronen konnten im Rahmen der Eingangskontrollen die Kernbrennstoffe verifiziert werden und Falschdeklarationen erkannt werden. Anhand der Gammaskopie ist es möglich, plutoniumhaltige Kernbrennstoffe nachzuweisen und den Isotopenvektor zu bestimmen. Die Nachweisgrenze liegt bei einigen Nanogramm Plutonium. Diese Meßtechnik wird u. a. auch im Bereich der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr eingesetzt.

Zusätzlich wurden im Zusammenhang mit der Übernahme von Kernbrennstoffen und den damit verbundenen Eingangskontrollen zwei Beistellproben zum Zwecke der zerstörenden Analysen an die TU München/Institut für Radiochemie übergeben. Die Analyseergebnisse führten zu einer Umdeklaration der Urananreicherung an den von der Landessammelstelle des Landes Nordrhein-Westfalen übergebenen, vagabundierten Kernbrennstoffe und zum anderen zur Erkennung der Notwendigkeit der Nachbehandlung des vom Europäischen Institut für Transuranelemente an die staatliche Verwahrung abgelieferten Plutoniumgebündes infolge des hohen Feuchtegehalts.

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Bericht des Fachbereichs

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

- *Plutoniumoxid aus ausländischen Wiederaufarbeitungsanlagen und MOX-Pulver der Firma Siemens AG*

Die Anlage der Brennelementwerke Hanau zur Weiterverarbeitung ist seit Juni 1991 außer Betrieb. 1995 hat der Siemens-Konzern beschlossen, den Standort Hanau aufzugeben und die Anlage rückzubauen. In den Jahren 1998–2001 soll die Anlage leergefahren werden. Im September 1997 wurde der Firma Siemens AG die 2. Teilgenehmigung und im Jahr 1998 die 3. Teilgenehmigung zum Leerfahren der Anlage nach § 17 Abs. 3 AtG durch das Land Hessen erteilt. Sie beinhaltet alle notwendigen Arbeiten und Fertigungsschritte zur Produktion von AT- (außer Toleranz) MOX-Brennelementen aus den in der Anlage vorhandenen Kernbrennstoffen der Firma Siemens AG.

- *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 ist die Verbringung in ein für SNR-Brennelemente noch zu genehmigendes Zwischenlager in Deutschland angedacht. Zur Zeit wird ein neuer Transportbehälter – „Einzel-SNR-Brennelement-Behälter (ESBB)“ für den Abtransport der Brennelemente zur Zwischenlagerung – von der Firma NCS konstruiert. Zusätzlich wird die Übernahme der SNR-Brennelemente durch die Advanced Nuclear Medical Service (ANMS) – einer amerikanischen Firma –, die anstrebt, die Brennelemente zur Produktion von Radiopharmaka und Tritium im FFTF-Reak-

tor einzusetzen, geprüft. Ein dazu von der SBK und der ANMS geplantes Untersuchungsprogramm an 10 ausgewählten SNR-Brennelementen wurde von der SBK mehrfach angesetzt und wieder abgesetzt.

- *Fertigungsrestmengen für den KNK-Reaktor der FZK in Karlsruhe*

Die Firma Siemens AG beantragte die Herausgabe sämtlicher Fertigungsrestmengen des Forschungszentrums Karlsruhe aus der staatlichen Verwahrung. Die Herausgaben aus der staatlichen Verwahrung an die Firma Siemens AG erfolgten im ersten Halbjahr 1998. Der Abtransport der Kernbrennstoffe von der Firma Siemens AG zur Wiederaufarbeitungsanlage UKAEA nach Dounreay wurden jedoch Mitte 1998 vom Forschungszentrum Karlsruhe gestoppt. Die Firma Siemens AG erwartet die Transportgenehmigung für die noch anstehenden Abtransporte nach Großbritannien im ersten Halbjahr 1999.

- *Brennelemente der TU München, der TH Darmstadt und der Hochschule Bremen mit hoch angereichertem Uran aus den jeweiligen Siemens-Unterichtsreaktoren (SUR 100)*

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens gemäß § 7 Abs. 3 AtG der TU München, der TH Darmstadt und der Hochschule Bremen für den Abbau des Reaktors werden die Brennelemente zur Zeit 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.

- *Vagabundierende, ehemals in der Landessammelstelle des Landes Nordrhein-Westfalen lagernde, Kernbrennstoffe*
- *Vagabundierende, ehemals im Europäischen Institut für Transurane lagernde Kernbrennstoffe*

Die vom Europäischen Institut mit den Kernbrennstoffen übergebene Beistellprobe für das Plutoniumgebände wurde bezüglich des Feuchtegehalts im Institut für Radiochemie der TU München analysiert. Das Ergebnis wurde dem BfS im Dezember 1998 übermittelt. Der ermittelte hohe Feuchtegehalt machte eine kurzfristige Behandlung des Gebindes erforderlich.

- *Eine Pu-Be-Neutronenquelle des Typs IBN 12 mit insgesamt 117 g Pu in der Außenstelle des BfS in Berlin-Karlshorst*

Der Abtransport der Neutronenquelle durch die Firma AEA Technology QSA GmbH zum Zwecke der Ausfuhr nach Großbritannien konnte aufgrund der fehlenden Transportbehälteranerkennungen in Schweden, Kanada und USA bisher nicht erfolgen. Ein Termin bezüglich des Abtransports ist zur Zeit nicht absehbar.

Herausgaben aus der staatlichen Verwahrung

- Nach Erteilung der 3. Teilgenehmigung durch das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit für das Leerfahren der Siemens MOX-Anlage wurden regelmäßig Spaltstoffgebände an die Firma Siemens AG herausgegeben. Ein Teil von 55 Spaltstoffgebänden war für den Abtransport zur UKAEA/Dounreay bestimmt. Weitere ca. 430 Gebinde wurden von der Firma Siemens zu Brennstäben verarbeitet, die ab 1999 zur COGEMA verbracht werden sollen.
- Die Herausgabe erfolgt ausschließlich durch BfS-Personal unter Einsatz einer Umhausung und in Verbindung mit besonderen Schutzmaßnahmen. An den ca. 1500 zur Zeit noch staatlich verwahrten Gebinden werden in regelmäßigen Zeitintervallen wiederkehrende Prüfungen durchgeführt. Dabei wird unter besonderen Schutzmaßnahmen der Folienzustand der Gebinde überprüft. Nach der Wiedereinführung von PVC-Folien sind bisher keine sicherheitsrelevanten Folienveränderungen aufgetreten.

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Bericht des Fachbereichs

Unterstützung des Fachbereichs KT auf dem Gebiet der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr

Der Fachbereich KT wurde im Jahr 1998 auf dem Gebiet der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr im Bereich der gamma-spektroskopischen Untersuchungen von Fundsachen personell und instrumentell unterstützt.

ET-S 2.4 veranstaltete zwischen dem 26. und 29. Mai 1998 bei der TU München/Institut für Radiochemie einen Workshop. Dieser Workshop stellte eine Folgeveranstaltung des Workshops in der Dienststelle in Hanau dar. Während des Workshops wurden von den beauftragten Mitarbeitern der Fachbereiche KT, ST, S IAR und ET-S 2.4 gammaspektroskopische Messungen an unterschiedlichen Kernbrennstoffproben mit unterschiedlichen Abschirmungen durchgeführt. Die Meßaktion fand im Rahmen des mit der TU München abgeschlossenen Kooperationsvertrages statt. Als Ergebnis des Workshops konnte festgehalten werden, daß die den Fachbereichen ST und S zur Verfügung stehenden gammaspektroskopischen Meßsysteme in ihrer derzeitigen Ausführung wenig geeignet sind, kurzfristig die Isotopenzusammensetzung von Uran und Plutonium zu ermitteln. Die Abschätzung der Aktivitäten war selbst in den idealisierten, punktförmigen und unabgeschirmten Proben nur sehr bedingt möglich. Ein gutes Ergebnis konnte durch den Einsatz der bei ET-S 2.4 vorhandenen gamma-spektroskopischen Meßtechnik (Pu/U-Inspektor) in Verbindung mit den von KT eingesetzten Modulen zur Messung koinzidenter Neutronen erzielt werden.

Nach der Optimierung der gammaspektroskopischen Meßsysteme der Fachbereiche ST und S wird auf Wunsch der Teilnehmer des zweiten Workshops in München ein dritter Workshop, ebenfalls bei der TU München/Institut für Radiochemie, im Jahr 1999 geplant. Das Ziel ist die Optimierung der Einsatzmöglichkeiten der von den jeweiligen Fachbereichen im Rahmen der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr ggf. bereitgestellten Meßsysteme.

Zwischen dem 13. und 14. Januar 1998 wurden in Zusammenarbeit mit dem BKA in den Bereichen der staatlichen Verwah-

rung (Raum A81.10.02.03 des Spaltstofflagers A81.10 in Hanau) Röntgenaufnahmen von Spaltstoffgebinden durchgeführt und ausgewertet. Dazu wurden unterschiedlich abgeschirmte Spaltstoffgebinde mit Spaltstoffen in den unterschiedlichsten physikalischen Formen zur Verfügung gestellt. Die Dosisleistungsmeßgeräte des BKA wurden an Kernbrennstoffgebinden unter realen Bedingungen erprobt.

Im Zusammenhang mit der Unterstützung von KT im Rahmen der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr wurden Mitarbeiter von KT in der 29. und 46. Kalenderwoche jeweils drei bis vier Tage am gamma-spektroskopischen Meßsystem „Pu/U-Inspektor“ in Verbindung mit der MGA-Software von Canberra geschult. Regelmäßige Schulungen (drei bis vier) sind auch für das nächste Jahr geplant. Zur Erhöhung der Redundanz ist es geplant, die beauftragten Mitarbeiter des IAR ebenfalls in das gammaspektroskopische Meßsystem von ET-S 2.4 einzuweisen.

Sanierung der Raumgruppen 002 bis 012 im Gebäude K 11 der Außenstelle des BfS in Berlin-Karlshorst

Anfang des Jahres wurde die Sanierung der 1997 von der staatlichen Verwahrung übernommenen Bereiche im Gebäude K 11 des BfS in der Außenstelle des BfS in Berlin-Karlshorst begonnen. Die Arbeiten wurden unter der Regie von ET-S 2.4 zusammen mit Mitarbeitern des Fachbereichs ST und der Außenstelle der Zentralabteilung (Z-AB) durchgeführt. Bisher wurden vier Räume unter Berücksichtigung des einschlägigen Regelwerks auf Aktivität überprüft und freigegeben. Die Einrichtungen und Gegenstände aus der Raumgruppe 002 bis 012 wurden entweder freigegeben oder als radioaktiver Abfall bilanziert. Es wurden ca. 2,8 t radioaktive brennbare und unbrennbare Abfälle in 26 Abfallfässer verpackt. Die Abfälle werden über die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe des Forschungszentrums Karlsruhe entsorgt. Zur Durchführung der Alpha-Aktivitätsbilanzierung in den Pu-haltigen radioaktiven Abfällen wurden an verschiedenen Wischtestproben und Luftaktivitätsüberwachungsfiler, Aktivierungsanalysen und alphaspektroskopische Untersuchungen

durch die TU München/Institut für Radiochemie durchgeführt. Zur Bilanzierung der Beta-/Gamma-Aktivität wurden mittels spektroskopischer Methoden Dekontaminationswasserproben analysiert.

Im Rahmen der Freigabe der Bereiche wurde der Kiesbettfilter über dem Quellenlagerraum auf Kontamination überprüft. Dazu wurden umfangreiche Kiesproben aufgeschlossen und mittels spektroskopischer Methoden einschließlich der Anwendung von Neutronenaktivierungsanalysen untersucht. Die Arbeiten wurden von der TU München/Institut für Radiochemie durchgeführt.

Zur Dekontamination des Quellenbehälters und der anderen Einrichtungen des Quellenlagerraumes 005 wurde eine spezielle Umhausung konstruiert.

Zur Zeit sind die Sanierungs- und Freigabearbeiten aufgrund der Strahlung der weiterhin im Raum 005 des Gebäudes K 11 verwahrten Pu-Be-Neutronenquelle des Typs IBN 12 unterbrochen. Nach Abtransport der Pu-Be-Neutronenquelle durch die Firma AEA Technology QSA GmbH zum Zwecke der Entsorgung in den USA werden die Arbeiten wieder aufgenommen und die restlichen Räume freigemessen.

Neukonzeption der staatlichen Verwahrung von Kernbrennstoffen

Zur Zeit wird eine Neukonzeption der staatlichen Verwahrung am Standort Hanau vor dem Hintergrund der Entscheidung der Firma Siemens AG bezüglich des Rückbaues ihres Brennelementewerkes in Hanau erarbeitet. In den vergangenen Jahren wurden diesbezüglich vom BfS verschiedene Lagerformen untersucht und die Möglichkeit der Realisierung beurteilt. In diesem Zusammenhang entstanden im Jahr 1998 zahlreiche Berichte.

Insbesondere wurde die zusammen mit der GRS in Verbindung mit dem Projekt „Standortunabhängige Neukonzeption der staatlichen Verwahrung von Kernbrennstoffen“ die aus Sicht des BfS notwendigen Mindestanforderungen zur Anlagensicherung von ET-S 2.4 konzipiert und die Anforderungskriterien zusammengefaßt.

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Bericht des Fachbereichs

Zusammen mit dem Staatshochbauamt wurden die Baukosten für verschiedene Lagervarianten – Transportbehälterlager mit und ohne verbunkertem Verladebereich, „aktives Bunkerlager“ und Hybridlager ermittelt und gegenübergestellt.

In einer Besprechung am 29. September 1998 wurden im BMU die Lagervarianten erörtert und danach einvernehmlich festgelegt, ein Transportbehälterlager als staatliches Verwahrager zu realisieren. Entsprechend den Vorgaben wurde zusammen mit dem TÜV Bayern Sachsen e. V. bezüglich der Erstellung der Spezifikationen zur Konditionierung, Analyse und Verpackung die Aufgabenverteilung vereinbart. Der TÜV unterstützt das BfS bei der Erstellung der Unterlagen.

Über den Standort des staatlichen Verwahralters ist noch nicht entschieden.

Beförderungsgenehmigungen und Versandstückzulassungen für das Jahr 1998

Urteile des VG Braunschweig vom 4. Februar 1998 (9 A 9094/97, A 9095/97 und 9 A 9131/97)

Gegen Beförderungsgenehmigungen des BfS nach § 4 AtG für den gemeinsamen Transport von 6 Behältern mit bestrahlten Brennelementen (3 Behälter aus dem KKW Neckarwestheim und 1 Behälter aus dem KKW Gundremmingen) und hochradioaktiven Glaskokillen (2 Behälter aus der Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague) im März 1997 zum Transportbehälterlager Gorleben hatten die Samtgemeinde Dannenberg und zwei Privatpersonen im Jahre 1997 Fortsetzungsfeststellungsklage erhoben. Beantragt wurde festzustellen, daß die Genehmigungen zur Beförderung von Kernbrennstoffen vom 5. Februar 1997 rechtswidrig waren.

Mit Urteilen vom 4. Februar 1998 hat das VG Braunschweig die Klagen abgewiesen. Es hat seine Entscheidungen im wesentlichen darauf gestützt, daß die Genehmigungsvoraussetzungen des § 4 Abs. 2 AtG den Klägern kein subjektives Recht vermitteln und diese deshalb eine mögliche Rechtsverletzung durch die Erteilung

der Genehmigungen nicht gerichtlich geltend machen können.

Seitens der Samtgemeinde Dannenberg und einer Privatperson wurden keine Rechtsmittel eingelegt. Die Entscheidungen sind damit rechtskräftig. Die Klägerin des Verfahrens 9 A 9095/97 hat bei dem OVG Lüneburg die Zulassung der Berufung beantragt (Az.: L 2314/98). Eine Entscheidung des OVG Lüneburg hierüber liegt noch nicht vor.

Beschluß des VG Braunschweig vom 19. März 1998 (9 B 9047/98)

Für einen gemeinsamen Transport von Behältern mit bestrahlten Brennelementen aus dem KKW Gundremmingen und dem KKW Neckarwestheim zum Transportbehälterlager Ahaus am 26. März 1998 hat das BfS am 11. Februar 1998 Beförderungsgenehmigungen nach § 4 AtG erteilt. Mit Bescheid vom 26. Februar 1998 wurde die sofortige Vollziehbarkeit der Beförderungsgenehmigungen angeordnet. Gegen die Anordnung der sofortigen Vollziehung haben am 19. März 1998 vier Privatpersonen bei dem VG Braunschweig einen Antrag auf Aussetzung der sofortigen Vollziehung gestellt. Das VG Braunschweig hat diesen Antrag mit Beschluß vom 19. März 1998 im wesentlichen mit der Begründung abgewiesen, daß die Genehmigungsvoraussetzungen des § 4 Abs. 2 AtG den Klägern kein subjektives Recht vermitteln und diese deshalb eine mögliche Rechtsverletzung durch die Erteilung der Genehmigungen nicht gerichtlich geltend machen können.

Widerruf von Beförderungsgenehmigungen für Transporte mit Behältern der Bauart NTL 11

Für britische Transportbehälter des Typs NTL 11 hat die britische Zulassungsbehörde am 20. Februar 1998 die verkehrsrechtliche Zulassung ausgesetzt. Daraufhin hat das BfS am 18. März 1998 die für diesen Behälter erteilten Transportgenehmigungen widerrufen. Dies geschah, nachdem sich der Genehmigungsinhaber außerstande sah, vorläufig auf die Ausnutzung der Genehmigungen zu verzichten.

Änderung der gesetzlichen Zuständigkeit des BfS

Die zum 1. Mai 1998 in Kraft getretene Änderung des Atomgesetzes durch das Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes und des Gesetzes über die Errichtung eines Bundesamtes für Strahlenschutz vom 6. April 1998 führt zu einer Änderung des Zuständigkeitsbereiches des BfS für Beförderungsgenehmigungen nach § 4 AtG und § 8 StrlSchV.

Fälle von Grenzwertüberschreitungen für nicht-festhaltende Außenkontamination von Transportbehältern

Im Zusammenhang mit bekannt gewordenen Fällen von Grenzwertüberschreitungen nicht-festhaltender Außenkontamination an Transportbehältern und Beförderungsmitteln hat das BfS die erteilten Beförderungsgenehmigungen für den Transport bestrahlter Brennelemente mit einer nachträglichen Auflage versehen, nach der die Kontaminationsfälle zukünftig den zuständigen Aufsichtsbehörden zu melden sind. Von einem Widerruf dieser Genehmigungen konnte abgesehen werden, weil eine schriftliche Zusage der Genehmigungsinhaberin (NCS) vorliegt, diese Genehmigungen bis zu einer Freigabe nicht auszunutzen. Neue Genehmigungen zum Transport bestrahlter Brennelemente werden bis auf weiteres nicht erteilt.

Für den Transport bestrahlter und unbestrahlter Kernbrennstoffe und Großquellen werden die zu erteilenden Genehmigungen mit einer gleichgerichteten Auflage versehen, um sicherzustellen, daß die Aufsichtsbehörden künftig Kenntnis von Grenzwertüberschreitungen erhalten.

Beförderungsgenehmigungen für das Jahr 1998

Gemäß § 23 AtG ist das BfS für die Erteilung von Beförderungsgenehmigungen (§ 4 AtG) für Kernbrennstoffe und Beförderungsgenehmigungen (§ 8 StrlSchV) für Großquellen zuständig. Im Jahre 1998 wurden insgesamt 196 Genehmigungen (Einzel-, Mehrfach- und allgemeine Genehmigungen) erteilt.

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Bericht des Fachbereichs

Beförderungsvorgänge von Kernbrennstoffen und Großquellen sind den zuständigen Aufsichtsbehörden mindestens 48 Stunden vor ihrer Durchführung zu melden.

1998 wurden insgesamt 525 Transporte von Kernbrennstoffen durchgeführt, und zwar:

126 Inlandtransporte^{*)}

Schiene/bestrahltes Material	2
Schiene/Reststoffe und Abfall	0

Straße/unbestrahltes Material	115
Straße/bestrahltes Material	1
Straße/Reststoffe und Abfall	8

399 Grenzüberschreitende Transporte^{*)}

Luft/unbestrahltes Material	30
Luft/bestrahltes Material	0

See/unbestrahltes Material	93
See/bestrahltes Material	1
See/Reststoffe und Abfall	19
Schiene/unbestrahltes Material	15
Schiene/bestrahltes Material	23
Schiene/Reststoffe und Abfall	0
Straße/unbestrahltes Material	210
Straße/bestrahltes Material	3
Straße/Reststoffe und Abfall	5

(Vergleiche auch: Kapitel Prüfungen, Zulassungen, Genehmigungen, Seite ET 45)

Versandstückzulassungen für das Jahr 1998

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 104 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

Großpumpversuch Dömitz-Lenzen

Auftragnehmer: BLM, DBE, GEOdata, Geomechanik, HGN

Projektleitung BfS: M. Beushausen

Im Rahmen des übertägigen Erkundungsprogramms Dömitz-Lenzen (Gorleben) wurde in 1998 ein Großpumpversuch durchgeführt. Der Feldversuch sollte die folgenden Fragestellungen klären:

1. Ermittlung der hydraulischen Systemparameter in den Unteren Braunkohlensanden

Die Unteren Braunkohlensande (Miozän) sind wegen ihrer großen Mächtigkeit und flächenhaften Verbreitung ein wesentliches Element des hydrogeologischen Modells vom Deck- und Nebengebirge des Salzstocks Gorleben. Modellierungen der Grundwasserbewegung haben zudem die

Sensitivität dieser hydrostratigraphischen Einheit bezüglich seiner Durchlässigkeit aufgezeigt. Durch den Pumpversuch können belastbare und flächendeckende Parameterwerte für die Unteren Braunkohlensande gewonnen werden. Zudem ermöglicht der Pumpversuch durch die Auswahl von Beobachtungsmeßstellen in den verschiedensten Tiefenlagen eine Abschätzung der vertikalen Durchlässigkeit des überlagernden Hamburg Tones.

2. Erkundung einer möglichen hydraulischen Verbindung zwischen den Unteren Braunkohlensanden und der Gorlebener Rinne im Bereich des Ringwalls

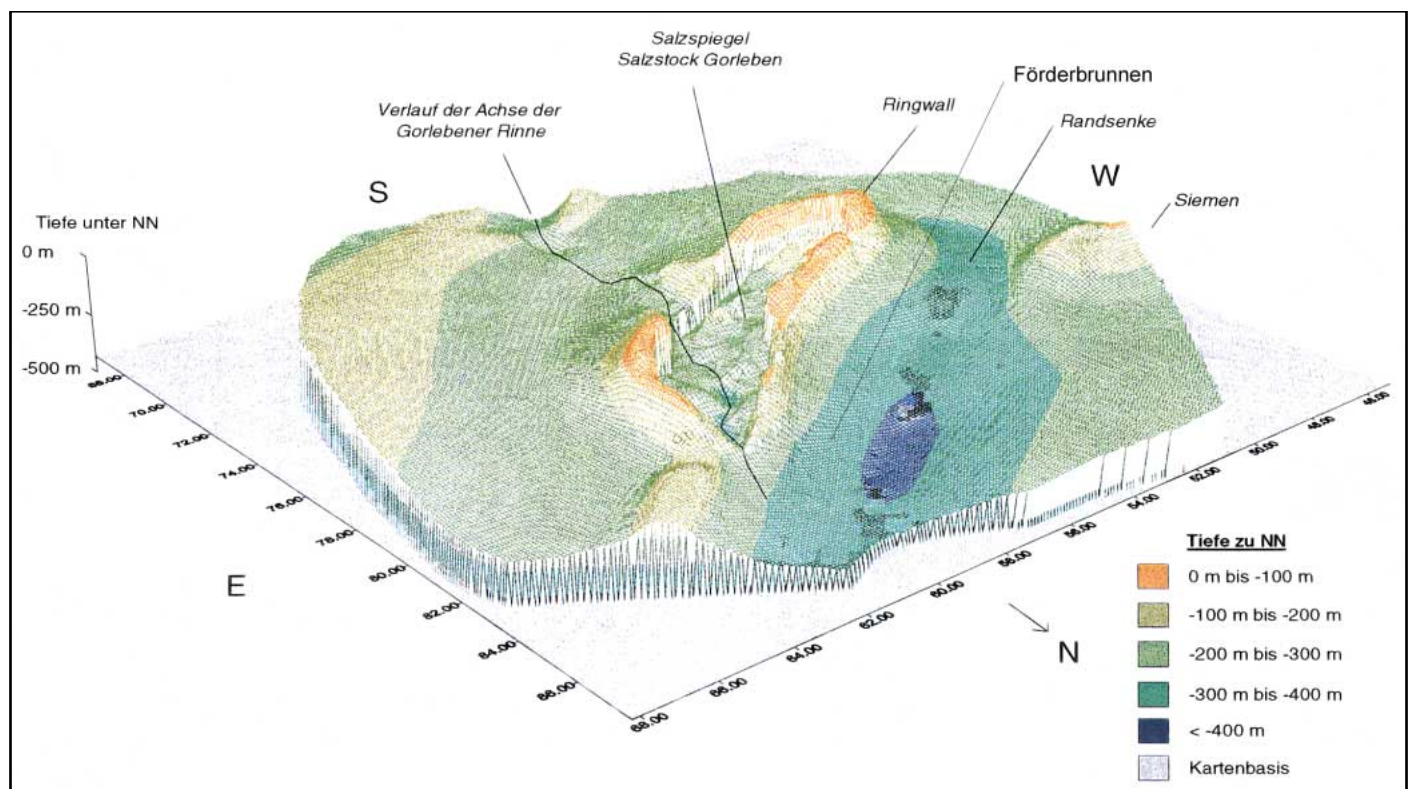
Der Ringwall sitzt den randlichen Teilen des Salzstocks auf und bildet, da er überwiegend aus bindigen Sedimenten des Tertiärs besteht, eine potentielle Barriere zwischen Gorlebener Rinne und dem Untersuchungsgebiet nördlich der Elbe. Von großem Interesse für die Betrachtung der Fließwege und der damit im Zusammenhang stehenden Laufzeiten für

fiktive Partikel aus dem Salzstock Gorleben durch das Deckgebirge bis in die Biosphäre ist die Frage nach der Anbindung der Unteren Braunkohlensande in der nördlichen Randsenke an den tiefen Aquifer in der Gorlebener Rinne (**Abbildung ET-1**). Neben der bekannten Verbindung über den nördlichen Rinnenausgang in die Randsenke hinein liegt eine mögliche hydraulische Verbindung über dem Ringwall entlang der Linie Gorleben - Vietze. Mit detaillierter Kenntnis der hydrogeologischen Ausbildung dieses Bereichs läßt sich die Frage nach einer Verkürzung der Wege und damit der Laufzeiten beantworten.

Im Frühjahr 1998 wurde ca. 1 km östlich der Gemeinde Wootz ein Förderbrunnen mit einer Teufe von 220 m und einem Ausbaudurchmesser von 250 mm errichtet und in den Unteren Braunkohlensanden als vollkommener Brunnen verfiltert. Die Filterlänge beträgt 90 m und umfaßt die gesamte Abfolge der Unteren Braunkohlensande. Weiterhin wurden auf drei

Abbildung ET-1:

Basis des hydrogeologischen Modells mit den wesentlichen Strukturelementen (Quelle: BGR)



Radien (450 m, 200 m und 15 m) konzentrisch um den Förderbrunnen 12 Grundwassermeßstellen mit einem Ausbaudurchmesser von 2" in Teufenlagen von ca. 200 m im tiefen Aquifer und ca. 65 m im flachen Aquifer neu errichtet. Neben diesen gesondert errichteten Meßstellen wurden weitere Meßstellen des bestehenden Grundwassermeßnetzes beiderseits der Elbe zur Beobachtung herangezogen. Sämtliche 65 Grundwassermeßstellen wurden mit Drucksonden und Datenloggern ausgerüstet. Die Förderrate der Tauchpumpe im Brunnen betrug 100m³/h. Es wurde über einen Zeitraum von drei Wochen gepumpt. Um die gepumpten Wassermengen aus dem Versuchsgebiet herauszubringen, wurden sie über eine eigens dafür eingerichtete Leitung zur nahegelegenen Elbe geführt und dort in den Fluß eingeleitet. Am Ende der Pumpphase betrug die Absenkung des Grundwasserspiegels im Brunnen ca. 7 m. Eine relativ schnelle Druckreaktion der tiefen Meßstellen in der Gorlebener Rinne deuten auf eine Druckübertragung auf kurzem Wege hin. Erste diagnostische Bearbeitungen der Meßwerte im Brunnen liefern ein Modell mit einem partiell durchlässigen Rand. Der Einfluß der stark wechselnden Wasserführung der Elbe während der dreiwöchigen Absenk- und ebenso langen Wiederanstiegsphase auf die zahlreichen erhobenen Daten ist deutlich. Vor einer belastbaren Auswertung müssen diese Meßwerte einer Trendanalyse und anschließenden Bereinigung unterzogen werden.

Die vorläufigen Berechnungen der Durchlässigkeit und des Speicherkoeffizienten für die Unteren Braunkohlensande entsprechen den bisher im hydrogeologischen Modell verwendeten Parameterwerten. Nach Abschluß der Auswertung mit einem analytischen Testsimulator werden modellhafte Betrachtungen durchgeführt, die den Pumpversuchsablauf nachsimulieren.

Isotopenuntersuchungen an Schwefelverbindungen in Grundwasserproben aus Meßstellen des hydrogeologischen Erkundungsprogramms Gorleben

Auftragnehmer: *Universität Karlsruhe*

Projektleitung BfS: *M. Beushausen*

Mit der Errichtung von Grundwassermeßstellen im Untersuchungsgebiet nördlich der Elbe wurde die Möglichkeit geschaffen, flächendeckend und in den unterschiedlichen Tiefenlagen des Deckgebirges Grundwasserproben zu entnehmen. Spezielle isotopengeochemische Untersuchungen an Grundwasserproben zielten auf die Bestimmung von Schwefel-34 Isotopen ab. Diese Isotope werden in gelöstem Sulfat und, soweit vorhanden, in gelöstem Schwefelwasserstoff nachgewiesen.

Die Auflösung von Gips und Anhydrit im Grundwasser erfolgt ohne meßbaren isotopischen Effekt. Aus diesem Grunde kann der Isotopengehalt von Sulfat als Tracer für die Sulfatherkunft Verwendung finden. Die isotopische Zusammensetzung des heutigen Meerwassers ist sehr homogen und in einem internationalen Standard erfaßt. Diese Zusammensetzung war in der geologischen Vergangenheit anders. Somit lassen sich aus der Isotopenzusammensetzung von gelöstem Sulfat Rückschlüsse auf Einwirkungen des Grundwassers auf die Salzstruktur ziehen.

Um ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten, wurden aus sämtlichen Meßstellen des Erkundungsprogramms Dömitz-Lenzen Wasserproben entnommen. An diesen Wasserproben wurden von der Universität Karlsruhe die folgenden Isotopenbestimmungen durchgeführt:

- $\delta^{34}\text{S}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Bestimmungen an gelöstem Sulfat;
- $\delta^{34}\text{S}$ -Bestimmungen an gelöstem Schwefelwasserstoff, sofern in ausreichender Konzentration vorhanden.

Die Probenahme erfolgte jeweils am Ende von Kurzpumpversuchen in den Meßstel-

len. Das Probenvolumen für die Isotopenmessungen an gelöstem Sulfat wurde abhängig von der Leitfähigkeit (der Mineralisation) des jeweiligen Grundwassers gewählt:

- Leitfähigkeit $> 20.000 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ l}$ Probenvolumen,
- Leitfähigkeit $< 20.000 \mu\text{S}/\text{cm} = 5 \text{ l}$ Probenvolumen.

Zur Bestimmung von $\delta^{34}\text{S}$ an gelöstem Sulfat wurde, bei organoleptischem Nachweis von H_2S , die Grundwasserprobe 5 Minuten lang mit Stickstoff durchspült. Anschließend wurden die Schwebstoffe mit einem Membranfilter (0,45 μm Porendurchmesser) abgetrennt und die Grundwasserproben mit HCl auf einen pH-Wert von 2,8–3,0 eingestellt. Im Labor wurde schließlich das gelöste Sulfat mittels 10 % BaCl_2 -Lösung ausgefällt, danach als BaSO_4 abfiltriert und in das Analysegerät eingebracht.

In den Proben zur Bestimmung von $\delta^{34}\text{S}$ an gelöstem Schwefelwasserstoff wurde das H_2S unmittelbar nach der Probenahme gefällt. Zu diesem Zweck wurden zu jeder Probe (Probenvolumen 4,5 l) 0,5 l 1 molare Zn -Acetat-Lösung gegeben. Diese Proben wurden weder gefiltert noch angesäuert. Die Bestimmung der S-Isotopenverhältnisse wurde im „continuous-flow“ Verfahren durchgeführt. Die Messungen erfolgten an einem Magnet-Sektorenfeld-Massenspektrometer. Als Ergebnisse erhält man $\delta^{34}\text{S}$ -Werte relativ zum Cañon Diablo meteorite (CDT)-Standard.

An Hand der sulfatisotopengeochemischen Daten läßt sich der hydrogeologisch belegte hydrostratigraphische Stockwerkbau im Untersuchungsgebiet nachvollziehen. Hydrostratigraphisch werden im Untersuchungsgebiet zwei Grundwasserstockwerke unterschieden:

- ein unteres, in miozänen Braunkohlensanden sowie im Bereich der quartären Rinnen in elsterzeitlichen Schmelzwassersanden ausgebildetes, und
- ein in weichsel- und saalezeitlichen Ablagerungen lokalisiertes, oberes Aquifersystem.

Die zwei Stockwerke sind durch Grundwasser-Geringleiter, dem sogenannten

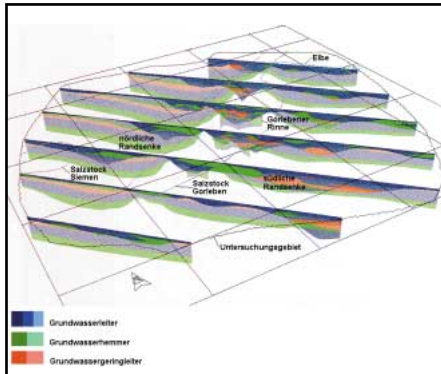


Abbildung ET-2:

Modellschnitte senkrecht zum Salzstock Gorleben mit farbig kodierten hydrogeologischen Baueinheiten

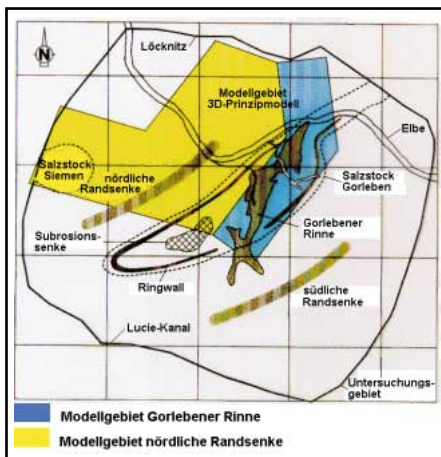


Abbildung ET-3:

Lage des Untersuchungsgebiets und des dreidimensionalen Süßwassermodells sowie des dreidimensionalen Salz-/Süßwassermodells (3D-Prinzipmodell)

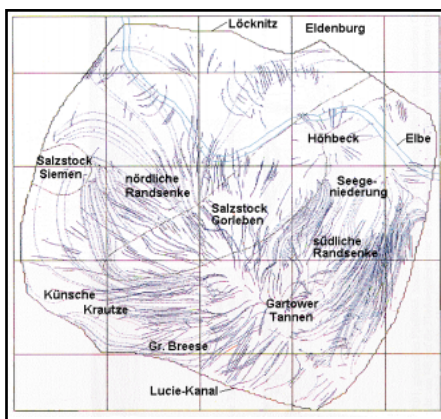


Abbildung ET-4:

Aufsicht auf berechnete Partikelwege

Hamburg-Ton und/oder den Lauenburger-Ton-Komplex voneinander getrennt.

Dieser Aufbau spiegelt sich auch in der hydrochemischen Gliederung wider. Legt man für die Abgrenzung der Grundwasserleiter die Salinität der Grundwässer zu Grunde, so lassen sich in einem vertikalen Schnitt grundsätzlich Salzwasser (Gesamtlösungsinhalt >10 g/l (unten)) und Süßwasser führende Aquifers (Gesamtlösungsinhalt <1 g/l (oben)) unterscheiden. Diese sind voneinander durch eine Übergangsschicht getrennt. Unter Berücksichtigung weiterer hydrostratigraphischer und hydrochemischer Daten läßt sich diese Aufteilung verfeinern. Die Analyseergebnisse der Isotopenuntersuchungen im gelösten Sulfat lassen sich räumlich gut miteinander korrelieren und ermöglichen somit die Abgrenzung von Grundwasserkörpern mit relativ homogenen Sulfat-Schwefel- und Sulfat-Sauerstoff-Isotopensignaturen. Die auf diese Weise separierten hydrogeochemischen Einheiten stimmen mit den aufgrund hydrostratigraphischer Kriterien separierten Wasserhorizonten gut überein.

Dreidimensionale Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung und zum Salztransport im Deckgebirge über dem Salzstock Gorleben

Auftragnehmer: Colenco Power Engineering AG, Baden/CH

Projektleitung BfS: J. Wollrath

Ein wichtiger Baustein zum Nachweis der Langzeitsicherheit eines Endlagers ist die Kenntnis der Grundwasserbewegung im Deck- und Nebengebirge eines Endlagerstandorts als Grundlage zur Beschreibung eines möglichen Radionuklidtransports für den Fall, daß Radionuklide störfallbedingt aus der Endlagerformation austreten. Die Ermittlung der Grundwasserbewegung erfolgt durch Modellrechnungen, die im Fall des geplanten Endlagers im Salzstock Gorleben in zwei aufeinander

ander aufbauende Bearbeitungsschritte gegliedert sind:

- Dreidimensionale Modellrechnungen ohne Berücksichtigung der aufgrund des variablen Salzgehalts veränderlichen Dichte des Grundwassers (Süßwasser-Modellrechnungen). Ziel dieser Modellrechnungen ist die Charakterisierung der großräumigen Grundwasserbewegung im Projektgebiet.

Dreidimensionale Modellrechnungen mit Berücksichtigung der veränderlichen Dichte des Grundwassers (Salz-/Süßwasser-Modellrechnungen). Ziel dieser Modellrechnungen ist die Ermittlung der Grundwasserbewegung zwischen dem Wirtsgestein des Endlagers und der Biosphäre unter Berücksichtigung des Dichteeinflusses des versalzten Grundwassers.

Süßwasser-Modellrechnungen

Basierend auf einem von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) erstellten hydrogeologischen Modell für das Untersuchungsgebiet des Deck- und Nebengebirges über dem Salzstock Gorleben ist ein dreidimensionales Modell für Finite-Elemente-Berechnungen zur Ermittlung der Grundwasserbewegung unter Süßwasserverhältnissen erstellt worden, welches alle hydrogeologischen Baueinheiten mit ihrer komplexen dreidimensionalen Geometrie wiedergibt (siehe **Abbildung ET-2**). Das Untersuchungsgebiet liegt im östlichen Teil des Wendlandes im Grenzbereich der Bundesländer Niedersachsen, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt. Es wird von der Elbe durchflossen und umfaßt den Salzstock Gorleben und seine Umgebung. Im Norden wird es durch die Lössnitz und im Süden durch den Lucie-Kanal begrenzt. Das Untersuchungsgebiet ist in **Abbildung ET-3** dargestellt. Das Gebiet umfaßt im wesentlichen die elstereiszeitliche Gorleber Rinne, die den Salzstock von Süden nach Norden kreuzt, sowie die Gebiete der nördlichen und südlichen Randsenken. Das Modellgebiet für die Süßwasserrechnungen entspricht diesem Untersuchungsgebiet und weist ca.

245.000 Finite Elemente mit ca. 1.050.000 Knoten auf. Das Modell unterscheidet 32 Modellschichten mit unterschiedlichen hydraulischen Eigenschaften (siehe **Abbildung ET-2**).

Aus den Ergebnissen der Süßwasser-Modellrechnungen läßt sich die großräumige Grundwasserbewegung wie folgt charakterisieren (siehe auch **Abbildung ET-4** und [1]): Hauptinfiltrationsgebiet ist das Gebiet der Gartower Tannen sowie der Hühbeck. Von der Hauptwasserscheide fließt das infiltrierende Wasser nach Norden zur Niederung der Seege mit Gartower See und Laascher See ab, nach Süden zum Lucie-Kanal und um den Salzstock herum nach Westen. Die Abflüsse erfolgen hauptsächlich in den oberflächennahen Aquiferen, die aus quartären Sanden gebildet werden (dunkelblaue Signatur in **Abbildung ET-2**), sowie in den tertiären Braunkohlensanden der Randsenken (blaue Signatur in **Abbildung ET-2**). Der Abstieg in die Braunkohlensande erfolgt zu einem großen Teil in den durch Vernetzungen der Grundwasserleiter gebildeten Bereichen erhöhter Durchlässigkeit. Das in die Braunkohlensande gelangte Wasser umfließt anschließend den Salzstock sowohl nach Norden Richtung Seege als auch nach Südwesten. Das im westlichen Gebiet der Gartower Tannen über dem Salzstock neu gebildete Grundwasser fließt in den oberflächennahen Aquiferen über den Salzstock nach Westen bis Nordwesten und sinkt nach dessen Überquerung in die mächtigen Braunkohlensande der nördlichen Randsenke ab. Das Wasser der Braunkohlensande exfiltriert nördlich der Gartower Tannen in der Seege- und Elbeniederung. Die Braunkohlensande der nördlichen Randsenke exfiltrieren in der Niederung bei Künsche, Krautze und Groß Breese, im Gebiet des Salzstocks Siemen südlich des Dannenberger Landgrabens sowie am nordwestlichen Modellrand westlich der Elbe und an der Lößnitz im Gebiet Eldenburg.

Salz-/Süßwasser-Modellrechnungen

Die dichteabhängigen Modellrechnungen sind mit einem stark vereinfachten dreidimensionalen Prinzipmodell der Gorleber Rinne und des ihr im Norden und

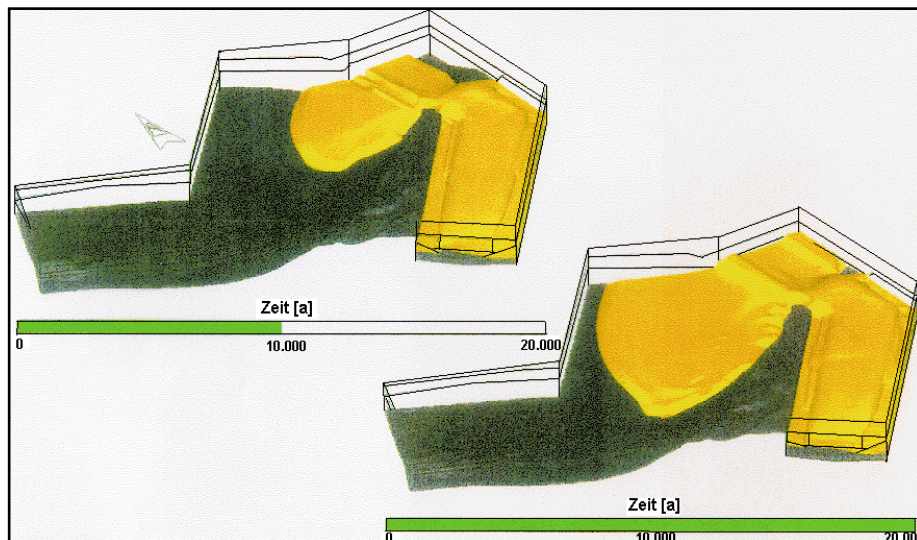


Abbildung ET-5:

Isoflächen einer Salzkonzentration von 10 % für die Zeitpunkte 10.000 Jahre und 20.000 Jahre nach Simulationsbeginn

Nordwesten vorgelagerten Teils der nördlichen Randsenke bis zur Lößnitz durchgeführt worden (siehe **Abbildung ET-3** und [2], [3]). Diese Vereinfachungen waren bedingt durch die bei Transportrechnungen erforderliche feinere Diskretisierung, die Rechnerkapazitäten und der Forderung nach vertretbaren Rechenzeiten. Das Modell für die Salz-/Süßwasserrechnungen umfaßt ca. 106.000 Finite Elemente mit ca. 460.000 Knoten und unterscheidet 6 Modellschichten mit unterschiedlichen hydraulischen Eigenschaften. Die Modellrechnungen wurden bis zu einer Modellzeit von 20.000 Jahren durchgeführt.

Ausgehend von einem zu Beginn der Rechnungen süßwassererfüllten Modellgebiet erfolgt eine Salzlösung am Salzspiegel des Salzstocks Gorleben. Der Abtransport des gelösten Salzes erfolgt im wesentlichen durch advektiven Transport im Hutgestein (hellblaue Signatur im Bereich der Gorleber Rinne in **Abbildung ET-2**) zu den Rinnensanden der Gorleber Rinne (blaue Signatur in **Abbildung ET-2**). Es bildet sich eine Zirkulationszelle mit einer Fließrichtung quer zur Rinne aus. In den höheren Bereichen der Rinnensande, die oberhalb dieser Zirkulationszelle liegen, fließt Wasser rinnenparallel nach Norden. Da von Süden nach

Norden das aus den Rinnensanden in die Rinnenflanken eintretende Wasser eine zunehmende Salinität aufweist, bildet sich in der Gorleber Rinne ein Salzkonzentrationsgefälle von Norden nach Süden aus, das die Ausbildung einer wenig ausgeprägten, im unteren Teil der Rinne verlaufenden Zirkulationszelle zur Folge hat. Salzwasser kann nur durch den Kontrollquerschnitt des Rinnenausgangs aus der Gorleber Rinne in die nördliche Randsenke und damit zu den Braunkohlensanden (blaue Signatur im Bereich der nördlichen Randsenke in **Abbildung ET-2**) abfließen. Bevor solch ein salzbetonter Abfluß erfolgen kann, muß sich erst die Rinne bis zur Rinnenschwelle mit Salzwasser auffüllen. Das durch den Rinnenausgang austretende Salzwasser fließt als Dichteströmung entlang der Basis der Braunkohlensande nach Norden ab und sammelt sich in deren tiefsten Bereich. Der Salztransport aus dem Bereich der Gorleber Rinne bzw. der Braunkohlensande nach oben in den Oberflächenaquifer (dunkelblaue Signatur in **Abbildung ET-2**) erfolgt im Modell vorwiegend diffusiv durch abdeckende Tonschichten (rote Signatur in **Abbildung ET-2**). Beispielhaft sind in **Abbildung ET-5** die Isoflächen einer Salzkonzentration von 10 % für die Zeitpunkte 10.000 Jahre und 20.000 Jahre nach Simulationsbeginn dargestellt.

Verglichen mit zweidimensionalen Modellrechnungen entlang eines vertikalen Schnittes durch die Gorlebener Rinne zeigen die hier beschriebenen Modellrechnungen, daß dreidimensionale Effekte einen wesentlichen Anteil am Salztransport einnehmen. Das führt dazu, daß der Aufbau des Salzgehalts in der Gorlebener Rinne schneller als in den zweidimensionalen Rechnungen vor sich gehen kann.

- [1] Genter, M.; Klemenz, W.; Ludwig, R.; Wollrath, J.

Simulation of Steady State Groundwater Flow in the Gorleben Area, Germany.

In:

McKinley, I.G.; McCombie, C. (Hrsg.) Scientific Basis for Nuclear Waste Management XXI, Davos, 28. September bis 3. Oktober 1997. Materials Research Society Symposium Proceedings Vol. 506. Warrendale, PA: Materials Research Society, 1998, pp. 1029–1030

- [2] Rivera, A.; Genter, M.; Klemenz, W.; Wollrath, J.

Three-dimensional Simulation of Coupled Groundwater Flow and Salt Transport in Connection with Radioactive Waste Repositories.

In:

Proceedings of the 11th Pacific Basin Nuclear Conference (PBNC '98) Vol. 1, Banff, Alberta, Kanada, 3.–7. May 1998. Toronto: The Canadian Nuclear Society, 1998, pp. 635–645

- [3] Klemenz, W.; Rivera, A.; Wollrath, J.; Genter, M.

Three-dimensional Coupled Groundwater Movement and Salt Transport Calculations as Part of the Safety Assessment of the Gorleben Repository, Germany.

In:

A. Roth (Hrsg.)

Proceedings of the DisTec '98 – Disposal Technologies and Concepts, Int. Conf. on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, 9.–11. September 1998. Hamburg: Kontec, 1998, pp. 591–596

Verzeichnis der Vorkommen salinarer Lösungen in den Evaporiten des Salzstocks und Erkundungsbergwerks Gorleben. Eine Dokumentation

G. Stier-Friedland, M. Ranft

Bei der Erkundung des Salzstocks Gorleben wurden in Bohrungen sowie bei der Auffahrung der Grubenräume örtlich salinare Lösungen angetroffen. Diese isolierten Vorkommen (wenige cm³ bis max. ca. 200 m³), die keine Verbindung zu Grundwässern des Deck- oder Nebengebirges des Salzstocks haben, sind an bestimmte Gesteine und Strukturen im Salzstock gebunden (z. B. Hauptanhydrit).

Vorkommen salinarer Lösungen sind für ein Bergwerk in Salzgesteinen kein ungewöhnlicher Befund.

Unter Mitarbeit von Prof. Dr. A. G. Herrmann sowie in Zusammenarbeit mit der DBE und dem Institut für Angewandte Hydrogeologie (IFAH) wurde ein Verzeichnis aller bisher bei der Erkundung des Standortes für das geplante Endlager Gorleben im gleichnamigen Salzstock angetroffenen salinaren Lösungen auf der Basis einer Datenbank erstellt. Diese Dokumentation enthält auch alle chemischen Analysen salinarer Lösungen aus Tiefbohrungen sowie vom Schachtabteufen und von der söhligen Erkundung von unter Tage. Zusätzlich ist im Lösungsverzeichnis Gorleben der Stoffbestand kleiner Lösungseinschlüsse (fluid inclusions; Durchmesser $\geq 250 \mu\text{m}$) in Salzmineralen verzeichnet.

Das Lösungsverzeichnis bildet eine wichtige Grundlage zur Bewertung der Lösungsvorkommen in Hinblick auf die Betriebs- und Langzeitsicherheit des geplanten Endlagerbergwerks. Durch die genetische Interpretation der Lösungen können Rückschlüsse auf das Isolationspotential der salinaren Gesteine im Bereich der geplanten Endlagerung radioaktiver Abfälle im Salzstock gezogen werden.

Die Aufnahme jedes einzelnen angetroffenen Vorkommens salinarer Lösungen in das Lösungsverzeichnis hat einerseits den

Vorteil einer genauen und übersichtlichen Dokumentation, ohne Einbeziehung detaillierter Interpretationen. Andererseits werden Lösungsvorkommen getrennt erfaßt, die hinsichtlich ihrer Entstehung und ihres räumlichen sowie strukturellen Auftretens im Salzstock zusammen gehören. Hierdurch entsteht der Eindruck einer großen Anzahl von Lösungsvorkommen im Salzstock. Durch geologische Interpretation und mittels geochemischer Kriterien kann jedoch gezeigt werden, daß die einzelnen Lösungsvorkommen an wenige geologische Einheiten (z. B. Hauptanhydrit, Gorlebenbank sowie an einige strukturelle Gegebenheiten, wie Scherzonen) gebunden sind.

Im Lösungsverzeichnis wurde für jedes Lösungsvorkommen ein separates Datenblatt angelegt. Auf diesem Blatt ist die genaue Lage des Lösungsvorkommens vermerkt. Angaben zum Gestein im Bereich des Lösungsvorkommens sowie detaillierte Angaben zu Lösungsansammlungen schließen sich an. Abschließend erfolgen Angaben zur Art des Lösungsvorkommens sowie ggf. zur allgemeinen Charakterisierung der Situation im Bereich des Lösungsvorkommens. Auf einem weiteren separaten Blatt ist das Ergebnis der chemischen Analyse des Lösungsvorkommens angeführt.

Eine detaillierte Information über salinare Lösungen sowie eine Beschreibung des Inhaltes der Datenblätter und eine Anleitung zur Benutzung der Datenbank ist dem Lösungsverzeichnis sowohl als online-Hilfe, als auch in einem separaten Textband beigelegt. Alle Daten zu den einzelnen Lösungsvorkommen sind mit EDV erfaßt und den fünf Bänden des Lösungsverzeichnisses auf einer CD-ROM beigelegt.

Die Daten sind unter verschiedenen Aspekten in Hinblick auf ihre Auswertung und Interpretation aus der Datenbank abrufbar. Auf Grundlage der dokumentierten Daten der chemischen Analysen können Auswertungen zu stofflichen und mengenmäßigen Veränderungen der untersuchten salinaren Lösungen auch über implementierte grafische Darstellungen vorgenommen werden.

Chemische Analyse und genetische Interpretation von salinaren Lösungen auf der Erkundungssohle des projektierten Endlagerbergwerkes Gorleben

Auftragnehmer: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), Braunschweig

Projektleitung BfS: G. Stier-Friedland

Die Betriebssicherheit von Bergwerken in salinaren Gesteinen kann insbesondere durch wässrige Lösungen beeinträchtigt werden, sofern diese in das Grubengebäude eindringen. Bei den Lösungen kann es sich um fossile salinare Lösungen in den Evaporitgesteinen handeln, die seit der Bildung dieser Gesteine in ihnen eingeschlossen sein können sowie um Grundwasser aus dem Hutgestein, Deck- und Nebengebirge. Die Analyseergebnisse können somit auch einen wichtigen Beitrag zur Aussage über das Isolationspotential der Gesteine im Bereich der geplanten Endlagerung radioaktiver Abfälle liefern und damit zur Bewertung der Eignung des Salzstockes für die Errichtung eines Endlagers.

Deshalb wurden alle salinaren Lösungen, die bei der Erkundung des Salzstockes Gorleben von unter Tage angetroffen wurden (durch Bohrung, oder als Zutritt in den Strecken bzw. Kammern) chemisch analysiert und hinsichtlich ihrer Entstehung (Genese) und Herkunft interpretiert. Die Zutritte salinarer Lösungen wurden routinemäßig auf ihre Haupt- und Nebenbestandteile chemisch analysiert. An Hauptbestandteilen wurde Na, K, Mg, Ca, Cl und SO_4 analysiert. Ebenso wurden die Nebenbestandteile Br, Li und Rb für die genetische Interpretation bestimmt. Ein Großteil der Elemente wurde durch Atomemission mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) und Atommassenspektrometrie mit Probeneinführung über ein induktiv gekoppeltes Plasma (ICP-MS) bestimmt. Chlorid und Bromid wurden durch Titration bestimmt, Bromid z. T. auch durch Ionenchromatographie.

Alle analysierten salinaren Lösungen enthalten mehrere 100 g Salze pro Liter. Es treten MgSO_4 - und CaCl_2 -haltige salinare Lösungen auf. Alle auf der Erkundungssohle angetroffenen salinaren Lösungen weisen sehr hohe MgCl_2 -Gehalte auf, entsprechend niedrig sind die NaCl-Gehalte. Die KCl-Gehalte variieren in weiten Grenzen.

Alle Gebirgslösungen lassen sich mit Umbildungsprozessen innerhalb der Salzformation erklären. Junges Wasser aus dem Deck- oder Nebengebirge ist in diesen Lösungen nicht enthalten. Es handelt sich um alte, eingeschlossene Lösungen mit begrenztem Volumen.

Der geologische Gesamtbefund spricht dafür, daß die Gebirgslösungen wahrscheinlich seit Abschuß der Halokinese (nach Abschluß der letzten großräumigen Bewegungen des Salzstockes) keinen Kontakt zum Deck-/Nebengebirge hatten.

Br-Normalprofil für das Staßfurt-Steinsalz des Salzstockes Gorleben

B. Adel¹⁾, R. Fischbeck²⁾, A. G. Herrmann³⁾, G. Stier-Friedland⁴⁾, P. L. Wellmann⁵⁾

In den Kristallstrukturen der Chloridverbindungen mariner Evaporite ist ein Teil des Cl diadoch durch Br ersetzt. Dieser ist von der chemischen Zusammensetzung des jeweiligen Minerals sowie vom Stoffbestand und der Konzentration der Lösungen abhängig. Die Br-Verteilung zwischen Lösungen und Bodenkörpern wird durch mineralspezifische Verteilungsfaktoren entsprechend $b = \% \text{ Br (Kristall)} / \% \text{ Br (Lösung)}$ charakterisiert. Für alle Chloridminerale sind die Verhältniszahlen < 1 . Die Kenntnis der absoluten Br-Gehalte im Halit (NaCl) des Werra- (Na1), Staßfurt- (Na2)

- 1) Technische Universität Clausthal (Analytik);
- 2) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover (Geologie, Proben);
- 3) Göttingen (Geochemie, Interpretation);
- 4) Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter (Geologie);
- 5) Institut für angewandte Hydrogeologie GbR, Garbsen (Geologie, Graphik).

und Leine- (Na3) Steinsalzes Mittel- und Norddeutschlands ermöglicht Aussagen zur Bildung und Umbildung, Stratigraphie, Prospektion sowie Erkundung (Bohrungen, Bergbau) der Steinsalzschiechten. Darauf aufbauend ist mit ersten Untersuchungen zur absoluten und relativen Br-Verteilung im Staßfurt-Steinsalz des Salzstockes Gorleben begonnen worden.

Bei der Erkundung des Salzstockes Gorleben wurden Ende 1997 in einer Teufe von ca. 840 m mit einer horizontalen Kernbohrung (RB119) in einer Sattelstruktur insgesamt ca. 590 m Staßfurt-Steinsalz durchbohrt. In 37 Proben, verteilt über die gesamte Länge der Kernbohrung, sind die Br-Gehalte des Halits quantitativ bestimmt worden (Titrimetrie, Ionenchromatographie). In Übereinstimmung mit der Br-Verteilung in anderen Teilen des mitteldeutschen Zechsteinbeckens wurde auch im Staßfurt-Steinsalz aus dem Kernbereich des Salzstockes Gorleben eine gleichmäßige Br-Zunahme vom Liegenden (eine genaue Angabe zum Anfang des untersuchten Profils über dem Staßfurt-Anhydrit ist zur Zeit noch nicht möglich) mit ca. 60 $\mu\text{g Br / g NaCl}$ (ppm Br) zum Hangenden (Ende des Profils etwa 10 m unter

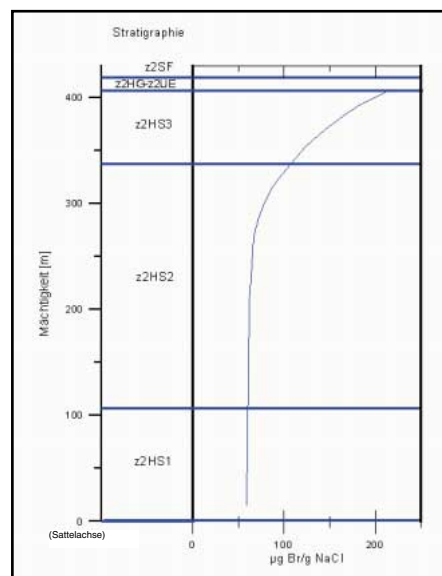


Abbildung ET-6:

Bromverteilung im Staßfurt-Steinsalz des Salzstockes Gorleben (Bohrung RB 119)

(z2SF - Kaliflöz Staßfurt, z2HG - z2UE - Hangendsalz - kieseritische Übergangsschichten, z2HS3 - Kristallbrockensalz, z2HS2 - Streifensalz, z2HS1 - Knäuelsalz)

dem Kaliflöz Staßfurt) mit ca. $\sim 210 \mu\text{g Br/g NaCl}$ nachgewiesen. (**Abbildung ET-6**) Es handelt sich hierbei um erste Daten für das Staßfurt-Steinsalz im Salzstock Gorleben, welche vor allem in den Liegend- und Hangendbereichen noch ergänzt werden müssen.

Die Br-Gehalte zeigen, daß die Kristallisation des Staßfurt-Steinsalzes ausschließlich durch progressive Meerwasser-Eindunstung stattgefunden hat. Dadurch unterscheiden sich die Br-Profile im Staßfurt-Steinsalz in signifikanter Weise vom Werra- und Leine-Steinsalz. Die dort nachgewiesenen Schwankungen der Br-Gehalte sind typisch für einen Wechsel von progressiven und rezessiven Phasen bei der Eindunstung des Meerwassers im Zechsteinbecken während der Bildung des Werra- und Leine-Steinsalzes.

Nach den ersten Ergebnissen sind die absoluten Br-Gehalte und deren relative Verteilung im Staßfurt-Steinsalz u. a. ein Indiz dafür, daß im Kernbereich des Salzstocks Gorleben der ursprüngliche geochemische Stoffbestand dieses Steinsalzes weitgehend erhalten geblieben ist, trotz Salzstockbildung sowie Subrosion an den Randbereichen des Evaporitkörpers. Das Staßfurt-Steinsalz des untersuchten Bereichs ist somit nach der Ablagerung vor etwa 255 Mio. Jahren bis zur Gegenwart nicht großräumig durch die Einwirkung Br-armer Lösungen (z. B. Formationswässer) aus dem Deckgebirge und/oder Nebengestein umkristallisiert. Andernfalls wären entsprechend der Br-Verteilungsfaktoren $b_{\text{NaCl}} = 0,14$ bis $0,073$ die ursprünglichen („primären“) Br-Gehalte des Halits durch Umkristallisation zu wesentlich niedrigeren Anteilen im „sekundären“ Halit verschoben worden. Solche Prozesse können aber nur durch die Einwirkung von Lösungen auf Steinsalz stattfinden. Bei den weitgehend „trockenen“ Verformungen der Steinsalzschiechten (Salzkissen, Salzstock) verändern sich die ursprünglichen Br-Gehalte des Halits offensichtlich nicht. Die geringen Anteile von Feuchtigkeit im Steinsalz (etwa $0,04$ Masse-% H_2O -Komponente, [1]) haben großräumig keinen signifikanten Einfluß auf die Br-Gehalte im Halit.

In den Kernbereichen des Staßfurt-Steinsalzes kommen auch lokale Umkristallisationen sowie sekundäre Kluftminerale vor, die aber vielfach, ähnlich wie im Leine-Steinsalz, auf evaporitinterne Stofftransporte zurückzuführen sind.

Mittels des quantitativen Stoffbestandes von Lösungseinschlüssen im Klufthalit des Leine-Steinsalzes sowie der absoluten Br- und Rb-Gehalte in den Carnallitgesteinen des Kaliflöz Staßfurt ist bereits vor einigen Jahren nachgewiesen worden, daß im Kernbereich des Salzstocks Gorleben der mineralogische und geochemische Stoffbestand der dort vorkommenden Salzgesteine seit der Entstehung nicht großräumig durch evaporitexterne ungesättigte Lösungen verändert worden ist (z. B. [2], [3], [4], [5]). Diese Befunde werden jetzt durch erste Informationen über die Br-Verteilung im Staßfurt-Steinsalz des Salzstocks Gorleben ergänzt und erweitert. Damit existiert ein übereinstimmendes und stratigraphisch verschiedene Salzschichten (Staßfurt-Steinsalz, Kaliflöz Staßfurt, Leine-Steinsalz) umfassendes Bild über das seit etwa 255 Mio. Jahren praktisch unverändert gebliebene geologische und geochemische Isolationspotential natürlicher Evaporitbarrieren im Kernbereich des Salzstocks Gorleben. Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

- [1] Gies, H., Herbert, H.-J., Jockwer, N. Zur Bedeutung der Wassergehalte für die Lithostratigraphie in Steinsalzhorizonten des Zechsteins. Kali u. Steinsalz 10 (1990), S. 265–271
- [2] Borstel, L. E. v. Lösungen in marinen Zechsteinevaporiten Deutschlands. Dissertation, Technische Universität Clausthal, 1992
- [3] Borstel, L. E. v. Lösungen in marinen Evaporiten. Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, BfS-Schrift 10/93, 1993
- [4] Mattenklott, M. Die Bromid- und Rubidiumverteilung in Carnallitgesteinen. Kriterien für die Genese mariner Evaporite. Dissertation, Technische Universität Clausthal, 1994

- [5] Rühe, S.

Der quantitative chemische Stoffbestand einzelner Lösungseinschlüsse in Zechsteinevaporiten. Dissertation, Technische Universität Clausthal, 1995

Analysen zur Kritikalitätssicherheit in der Nachbetriebsphase des Endlagers Gorleben

Auftragnehmer: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, München

Projektleitung BfS: J. Thiel

Für die Eignung des Salzstocks Gorleben als Endlager für hochradioaktive wärmeerzeugende Abfälle ist u. a. nachzuweisen, daß endgelagerte Spaltstoffe, insbesondere direkt endgelagerte abgebrannte Brennelemente und verglaste HAW-Abfälle, auch während der gesamten Nachbetriebsphase unterkritisch bleiben, d. h., das Entstehen einer nuklearen Kettenreaktion ausgeschlossen werden kann. Ein entsprechendes Schutzziel ist in den Sicherheitsprinzipien für Endlager der IAEA festgelegt [1].

Abgebrannte Brennelemente aus Leichtwasserreaktoren enthalten nach Entnahme aus dem Reaktor noch ca. 1,5 Gew.-% an Restspaltstoffen, im wesentlichen U-235, Pu-239 und Pu-241. Durch die strenge Einhaltung von sicherheitstechnischen Vorsorgemaßnahmen ist gewährleistet, daß die abgebrannten Brennelemente unter normalen Betriebsbedingungen stets ausreichend unterkritisch sind. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang die kritikalitätssichere Auslegung der Brennelementbehälter und deren Anordnung im Endlager. Des weiteren ist die Reaktivität der abgebrannten Brennelemente sehr niedrig, u. a. wegen der neutronenabsorbierenden Wirkung der höheren Aktiniden und Spaltprodukte, die mit zunehmendem Abbrand im Reaktor erzeugt werden.

Andererseits gibt es nach Abschluß des Betriebes und Verschluß des Endlagers keine Möglichkeit mehr, die Kritikalität aktiv zu kontrollieren. Für die Nachbe-

triebsphase sind daher alle möglichen Einflußfaktoren zu untersuchen, die das Eintreten einer Kritikalität begünstigen können. Mechanismen wie Deformation, Kompaktierung und Auflösung der Endlagergebinde durch den Gebirgsdruck bzw. durch Korrosionsprozesse müssen daher untersucht werden.

Zum Nachweis der Kritikalitätssicherheit in der Nachbetriebsphase des Endlagers wird ein deterministischer Ansatz gewählt: Ausgehend von geotechnischen Untersuchungsbefunden zur Standortentwicklung unter erwarteten und gestörten Bedingungen werden in konservativer Vorgehensweise Referenzszenarien festgelegt. Sofern geologische Entwicklungen in der fernen Zukunft nachweisbar sind, werden diese berücksichtigt. Für diese Szenarien ist durch Rechnung zu zeigen, daß die Möglichkeit einer Kritikalität entweder ausgeschlossen oder als sehr unwahrscheinlich eingestuft werden kann. Gegebenenfalls können auch Maßnahmen zur Verringerung des Risikos einer Kritikalität umgesetzt werden, beispielsweise könnten abgebrannte Brennelemente zusammen mit abgereichertem Uran endgelagert werden.

In einem ersten Bearbeitungsschritt wurden die grundlegenden Kritikalitätsdaten für die relevanten Materialzusammensetzungen ermittelt. Für unterschiedlich stark kompaktierte Brennstabbindel und für homogene Mischungen von Brennstoff in Wasser, trockenem Salz und Salzlösungen wurde der infinite Neutronenmultiplikationsfaktor k_{inf} berechnet. Um Bedingungen für die Unterkritikalität der relevanten Spaltstoffsyste zu erhalten, wurden wichtige Parameter wie z. B. das Moderationsverhältnis, die Brennelementzusammensetzung und die Spaltnuklidkonzentrationen in den Mischungen variiert.

Durch den radioaktiven Zerfall ändert sich die Zusammensetzung der Spaltnuklide und damit auch der Wert von k_{inf} im Laufe der Nachbetriebsphase. Für zwei repräsentative DWR-Brennstoffe – UO_2 mit 3,6 % $U-235$ -Anfangsanreicherung und MOX mit 3,7 % Pu_{fiss} ($Pu-239$, $Pu-241$) – wurde das Nuklidinventar zum Zeitpunkt der Entnahme aus dem Reaktor und für Abklingzeiten bis zu 1 Million Jahren mit dem Programmsystem OREST berechnet.

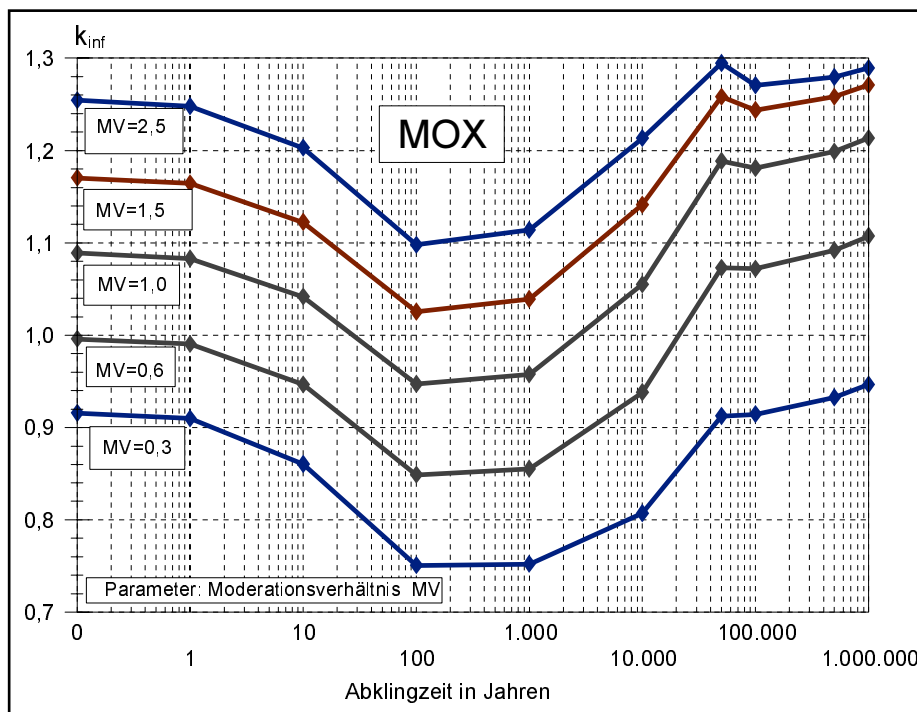


Abbildung ET-7: Berechnete k_{inf} -Werte für Brennstabgitter von abgebrannten MOX-Brennelementstäben in Wasser in Abhängigkeit von der Abklingzeit bei einem Abbrand von 40 GWd/t-SM

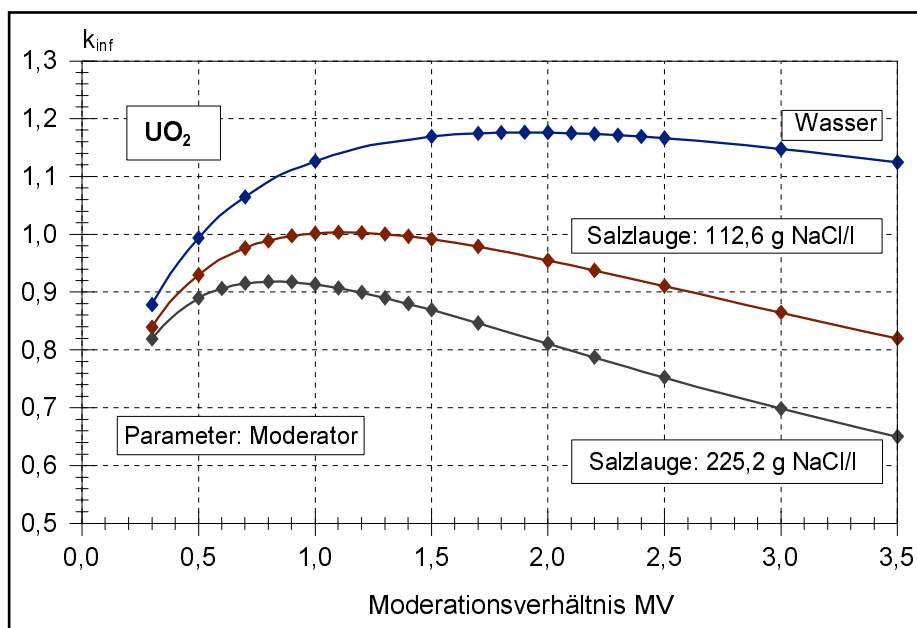


Abbildung ET-8: k_{inf} -Werte von UO_2 -Brennstäben in Wasser bzw. Salzlake in Abhängigkeit vom Moderationsverhältnis

Für den mittleren Abbrand wurde ein Wert von 40 GWd/t-SM zugrunde gelegt. Durch den Zerfall der Plutoniumisotope nimmt die Reaktivität in den ersten 100 Jahren ab (Zerfall von Pu-241) und steigt anschließend bis zu ca. 50.000 Jahren wieder leicht an (Zerfall Pu-240). Nach dieser Zeit kann k_{inf} seinen anfänglichen Wert übersteigen, insbesondere bei MOX-Brennelementen mit hohem Abbrand (s. **Abbildung ET-7**).

Der Effekt durch den radioaktiven Zerfall wird überlagert durch den Einfluß der Moderation, die bis zu ca. 35 % zu k_{inf} beitragen kann (s. **Abbildung ET-8**). Falls eine Kompaktierung der Brennstäbe bis zu einem Moderationsverhältnis (MV) unter 0,4 erreicht werden kann, ist die Unterkritikalität sichergestellt. Wird Salzlösung anstelle von Wasser als Moderator unterstellt, ergeben sich um ca. 40 % niedrigere k_{inf} -Werte (s. **Abbildung ET-8**). Vom Standpunkt der Kritikalitätssicherheit ist eine Endlagerung in Steinsalz daher vorteilhaft. Ursache für diese Eigenschaft ist die neutronenabsorbierende Wirkung des im Salz enthaltenen Chlors.

Für das zur Endlagerung von abgebrannten Brennelementen vorgesehene Behälterkonzept können aus den bisher durchgeführten Kritikalitätsrechnungen folgende Schlüsse gezogen werden: Bei POLLUX Behältern, die Brennstäbe von 10 DWR-Brennelementen aufnehmen können, kann das Inventar kritisch werden, wenn eine hohe Wassermoderation (MV = 2,5) unterstellt wird. Unter dem Einfluß einer gesättigten Salzlösung ist die Unterkritikalität auch in diesem Fall gewährleistet. Demgegenüber ist bei den kleineren Endlagerbehältern vom Typ ELB-3, die für die Endlagerung in Bohrlöchern entwickelt wurden und Brennstäbe von 3 DWR-Brennelementen enthalten, Kritikalität selbst dann nicht möglich, wenn optimale Moderation angenommen wird.

- [1] *International Atomic Energy Agency Safety Principles and Technical Criteria for the Underground Disposal of High Level Radioactive Wastes, Safety Series No. 99, Criterion No. 6, IAEA, Vienna, 1989*

Übersicht über die im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) im Jahr 1998 eingelagerten radioaktiven Abfälle

K. Kugel, S. Steyer, P. Brennecke

Im Zeitraum vom 1. Januar bis zum 28. September 1998 wurden im ERAM insgesamt 19.415 Abfallgebinde, entsprechend ca. 5077 m³ feste radioaktive Abfälle der Abfallart A1 eingelagert. Bei den eingelagerten Abfallgebinden der Abfallart A1 handelte es sich um 15.888 Stück 200-l-Fässer, 1042 Stück 280-l-Fässer, 1513 Stück 400-l-Fässer, 322 Stück 570-l-Fässer sowie um 650 Betonbehälter vom Typ I und II. Im Jahr 1998 wurden 20 umschlossene Strahlenquellen der Abfallart A3 eingelagert.

Von den in 1998 eingelagerten radioaktiven Abfällen stammten 4362 m³ (ca. 86 %) aus dem Bereich der Kernkraftwerke (KKW), 99 m³ (ca. 2 %) aus dem Bereich der Landessammelstellen und 616 m³ (ca. 12 %) aus dem Bereich der sonstigen Ablieferungspflichtigen.

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 kamen aus zehn verschiedenen kerntechnischen Einrichtungen, davon vier 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 in 1998 eingelagerten festen Abfällen der Abfallart A1 gehörten ca. 79 % des Volumens der Strahlenschutzgruppe S1, ca. 20,4 % der Strahlenschutzgruppe S2, ca. 0,4 % der Strahlenschutzgruppe S3 und ca. 0,2 % der Strahlenschutzgruppe S4 an.

Vom 1. Januar bis zum 28. September 1998 wurden folgende Aktivitäten in das ERAM eingelagert:

Gesamtaktivität der Beta/Gammastrahler:
3,4E+13 Bq
Gesamtaktivität der Alphastrahler:
2,0E+10 Bq

Etwa 98,8 % des 1998 eingelagerten Abfallvolumens wurden in Stapeltechnik im Westfeld 2 und im Ostfeld, Abbau 2 des ERAM entsorgt. Es wurden ausschließlich feste Abfälle der Abfallart A1 der Strahlenschutzgruppen S1 und S2 gestapelt. Etwa 1,2 % des Abfallvolumens wurden im Südfeld verstürzt. Es handelte sich hierbei ausschließlich um in Fässern verpackte feste Abfälle, die den Strahlenschutzgruppen S1, S2, S3 und S4 zugeordnet worden sind. Es wurden 39 Stück 200-l-Fässer und 4 Stück 400-l-Fässer mit Abfällen der Strahlenschutzgruppe S4 verstürzt.

Die monatliche Einlagerung radioaktiver Abfälle steigerte sich von durchschnittlich 507 m³ im Jahr 1997 auf durchschnittlich 564 m³ im Jahr 1998.

Damit wurden seit der Wiederaufnahme des Einlagerungsbetriebes am 13. Januar 1994 insgesamt 22.320 m³ radioaktive Abfälle eingelagert. Aus dem Bereich der Kernkraftwerke, die in den alten Bundesländern betrieben werden, wurden 13.721 m³, aus dem Bereich der EWN GmbH 5875 m³ sowie aus dem Bereich der Landessammelstellen, Forschungseinrichtungen und sonstiger Ablieferungspflichtiger 2724 m³ endgelagert.

Die seit diesem Zeitpunkt eingebrachte Gesamtaktivität beträgt ca. 9,1E+13 Bq, wovon ca. 8,0E+10 Bq auf die Aktivität von Alphastrahlern entfallen. Wesentliche radionuklidspezifische Aktivitätsbeiträge zu der seit Januar 1994 eingelagerten Gesamtaktivität lieferten die folgenden deklarationspflichtigen Radionuklide:

Alphastrahler:

Am-241:	3,7E+10 Bq
Cm-244:	9,4E+09 Bq
Pu-240:	8,1E+09 Bq
Pu-239:	7,0E+09 Bq

Beta/Gammastrahler:

Cs-137	3,7E+13 Bq
Co-60:	1,9E+13 Bq
Ni-63:	9,7E+12 Bq
Sr-90:	3,1E+12 Bq
H-3:	1,4E+12 Bq

Endlagerungsbedingungen für das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM)

W. Noack, 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.

Als Ergänzung der Endlagerungsbedingungen wurde nach positivem Abschluß des entsprechenden Änderungsverfahrens dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, den zuständigen Länderbehörden und den Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen die Verwendbarkeit des Kleincontainers KC 1200 Ende Juli 1998 mitgeteilt. Der Kleincontainer KC 1200 dient als Verpackung bei radioaktiven Abfällen der Abfallart A 1 (Feste Abfälle) in den Strahlenschutzgruppen S1 und S2.

Das behälterspezifische Bezugsvolumen beträgt $1,3 \text{ m}^3$. Gesonderte Anforderungen bei der Verwendung des Behälters bestehen hinsichtlich der Zuordnung zu den Strahlenschutzgruppen und den mindestens zu erfüllenden Qualitätsmerkmalen, der Stapelbarkeit, den Aktivitätsbegrenzungen, der maximalen Masse und den technischen Anschlußbedingungen bei der Anlieferung im Endlager.

Aktivitätsinventar der Spezialcontainer im Untertagefeld des ERAM

V. Kunze

Vorbemerkung

Im Untertagefeld (UMF) des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wurden seit Mitte der 80er Jahre Versuche zur Einlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in Bohrlöchern durchgeführt. Dazu wurden zunächst fünf sogenannte Spezialcontainer (SC: zylindrische Stahlbehälter, $h = 53 \text{ cm}$, $\varnothing = 10,8 \text{ cm}$) mit nicht mehr benötigten Co-60- und Cs-137-Quellen aus Brunnenbestrahlungsanlagen oder medizinischen Anwendungen bzw. mit Eu-152/154/155-haltigen Absorberstäben aus dem KKW Rheinsberg befüllt. Diese SC1 bis SC5 befinden sich seit Juni 1990 alle im Bohrloch A2. Später wurden dann noch zwei weitere Container mit den Bezeichnungen SC/E1 und SC/E2, die ausschließlich Co-60-Quellen enthalten, in das Bohrloch A1 eingebracht. Einen Überblick über das in den Beladeprotokollen angegebene Aktivitätsinventar geben die Spalten 1 bis 5 der **Tabelle ET-1**.

Der Vergleich der gemessenen Wärmeleistung und Ionisationsdosisleistung der SC mit den aufgrund der Quellstärken zu erwartenden Werten ließ jedoch zum Teil auf ein abweichendes Aktivitätsinventar schließen [1]. Daher wurden im Rahmen der regelmäßigen „Kontrolle der Rückholbarkeit“ im Oktober 1996 Messungen mit dem In-situ-Spektrometer des ERAM durchgeführt. Dazu wurden die fünf im Bohrloch A2 zwischengelagerten SC 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 gemessen werden. Über die vorläufigen Ergebnisse, die auf einem Vergleich mit dem SC3 beruhen, wurde bereits in [2] berichtet. Um ein konsistentes Bild über den Inhalt aller SCs zu erhalten,

wurden im März 1998 die beiden bisher nicht untersuchten SC/E1 und SC/E2 gezogen und deren Gammastrahlung in gleicher Weise und Meßgeometrie gemessen.

Nachauswertung alter ODL-Messungen (Methode 1)

In [2] wurde auch eine Nachauswertung alter ODL-Messungen an den unabgeschirmten SC vorgenommen, indem die Meßwerte aus [1] mit den theoretisch nach den Angaben im Beladeprotokoll zu erwartenden Werten verglichen wurden. Aufgrund ergänzender Informationen in [3] über den Beitrag durch Streustrahlung bei den ODL-Messungen, die nach der Beladung in der Heißen Zelle des ZfK Rossendorf durchgeführt wurden, kann nunmehr eine Präzisierung der Ergebnisse vorgenommen werden. Dadurch ergeben sich bei dieser Auswertemethode gegenüber [2] für den SC1 und die SC3 bis SC5 um rund 10 % geringere Aktivitäten. Für den SC2, der in Rheinsberg beladen wurde, liegen keine Informationen über den Streustrahlungsanteil vor, so daß hier keine Korrektur der Werte möglich war.

Die mit dieser Methode 1 ermittelten Abweichungen gegenüber den Beladeprotokollen sind der Spalte 6 in **Tabelle ET-1** zu entnehmen. Dabei bedeuten die Vorzeichen, daß die Aktivitäten in Spalte 5 um die entsprechenden Prozentsätze nach unten (-) oder oben (+) zu korrigieren sind.

Kalibrierung mit dem SC/E1 und SC/E2

Von den 240 Einzelquellen im SC/E1 liegen lediglich für neun Quellen keine Zertifikate mit Aktivität und Bezugsdatum vor. Für die im SC/E2 befindlichen 227 Einzelquellen existieren mit Ausnahme von 17 Quellen ebenfalls Zertifikate. Die Analyse der einzelnen Zertifikate einschließlich der dort angegebenen Fehlergrenzen ergibt für das Bezugsdatum 1. Juli 1998 eine Co-60-Aktivität von $60,1 \pm 0,5 \text{ TBq}$ im SC/E1 und von $66,6 \pm 0,8 \text{ TBq}$ im SC/E2 (siehe **Tabelle ET-1**). Dabei wurden für die

wenigen unbekannten Quellen SC-spezifische Mittelwerte mit einem abdeckenden Fehlerbereich verwendet.

Es zeigt sich, daß die Analyse der Zertifikate im Gegensatz zu den Angaben im Beladeprotokoll für den SC/E2 eine höhere Aktivität als für den SC/E1 liefert. Dieses Ergebnis wird auch durch die Messungen der Gammastrahlung vom März 1998 bestätigt. Da somit die aus den Zertifikaten abgeleitete Aktivität als durchaus zuverlässig anzusehen ist, wurden die SC/E1 und SC/E2 zur Kalibrierung der Detektoransprechwahrscheinlichkeit für die Messungen an den übrigen SC verwendet.

Aktivitätsbestimmung aus den gemessenen Gammaspektren (Methode 2)

Der prinzipielle Aufbau zur Messung der Gammastrahlung der SC mit dem In-situ-Spektrometer ist in **Abbildung ET-9** dargestellt. Die experimentellen Schwierigkeiten bei einer Absolutbestimmung der Aktivität wurden bereits in [2] genannt. Dort

wurde versucht, den am Ort des Detektors zu erwartenden Photonenfluß Φ_1 mit dem Programm MicroShield 4.21 zu berechnen. Bezeichnet man mit Φ_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 ϵ die Ansprechwahrscheinlichkeit des Detektors ohne Abschirmung, die mit einer Eu-152-Kalibrierquelle in Luft bestimmt wurde.

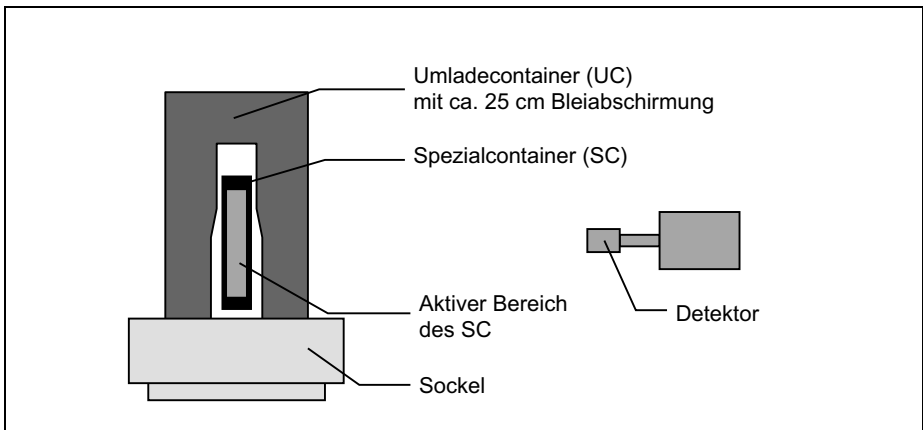


Abbildung ET-9:
Schematische Darstellung des Meßaufbaus im UMF (nicht maßstabsgerecht)

Container	Nuklid	Belade- datum	Aktivität laut Beladeprotokoll [TBq]		Abweichung von Spalte 5 aufgrund der Messungen [%]			Korrigierte Aktivität am 01.07.1998 [TBq]
			bei Beladung	am 01.07.98	nach Methode 1	nach Methode 2	Gewichtetes Mittel	
SC/E1	Co-60	18.09.90	177,6	63,8	— ¹⁾	— ²⁾		60,1±0,5 ³⁾
SC/E2	Co-60	25.09.90	164,5	59,3	— ¹⁾	— ²⁾		66,6±0,8 ³⁾
SC1	Co-60	02.06.85	1134	203	-(40±16)	-(43±6)	-(43±6)	116±12
SC2	Eu-152	20.11.86	79,5	43,8	+(70±15)	— ⁴⁾	+(70±15)	75±7
	Eu-154		102,8	40,3		— ⁴⁾		69±6
	Eu-155		39,7	7,6		— ⁵⁾		13±1
SC3	Co-60	20.01.87	541	120	-(20±10)	-(5±8)	-(11±7)	107±9
SC4	Co-60	16.02.87	542	122	+(21±12)	+(20±39)	+(21±11)	148±14
SC5	Co-60	09.02.87	432	95,9	-(31±10)	-(11±8)	-(19±10)	78±9
	Cs-137		93,2	71,7		— ⁵⁾		— ⁵⁾

- ¹⁾ Meßwerte der Ortsdosisleistung an den unabgeschirmten SC liegen nicht vor
²⁾ wurde zur Kalibrierung verwendet
³⁾ aus der Analyse der Zertifikate
⁴⁾ Auswertung der Gammalinien aufgrund von Streustrahlung und Summation nicht möglich
⁵⁾ Gammastrahlung nicht nachweisbar

Tabelle ET-1:
Nuklidspezifische Aktivitäten der Spezialcontainer (SC) laut Beladeprotokollen und davon ermittelte Abweichungen

Durch Gleichung (1) werden die wahren Aktivitäten jedoch systematisch überschätzt. Legt man die aus den Zertifikaten ermittelten Aktivitäten des SC/E1 und SC/E2 zugrunde, so ergeben sich für die beiden Co-60-Gammalinien von 1173 keV und 1332 keV Überschätzungsfaktoren f von $1,89 \pm 0,11$ und $1,75 \pm 0,09$. Damit läßt sich eine interne Kalibrierung des Verfahrens durchführen und aus (1) wird:

$$A = \frac{n}{\varepsilon \cdot f} \cdot \frac{\Phi_2}{\Phi_1} \quad (2)$$

Die mit (2) berechneten Abweichungen von den Aktivitäten in den Beladeprotokollen sind in Spalte 7 der **Tabelle ET-1** angegeben. Die Fehlergrenzen schließen die experimentellen Unsicherheiten hinsichtlich der Positionierung der SC im Umladecontainer und der zum Teil nicht genau bekannten Anordnung der Quellen in den SC mit ein.

Für den SC2 war eine Auswertung der Gammaskpektren nicht möglich, da die Messung durch Streustrahlung von einem anderen SC im Bohrloch-Magazin gestört wurde. Ferner können für den Cs-137-Gehalt des SC5 keine Angaben gemacht werden, da die im Vergleich zum Co60 niederenergetischere Gammastrahlung von 662 keV aufgrund der enormen Abschirmung durch den Umladecontainer nicht nachweisbar war. Insgesamt ergeben sich durch die interne Kalibrierung mit den SC/E1 und SC/E2 gegenüber [2] nunmehr um rund 5 % geringere Aktivitäten.

Ergebnisse

Faßt man beide Auswertemethoden (Spalte 6 und 7 in **Tabelle ET-1**) zusammen, so ergeben sich für die SC1 bis SC5 die gewichteten Mittelwerte in Spalte 8 und damit die in Spalte 9 angegebenen nuklid-spezifischen Aktivitäten. Dabei ist zu beachten, daß beim SC2 lediglich Aktivitäten aus dem Vergleich der Ortsdosisleistungen (Methode 1) ermittelt werden konnten. Da sich daraus keine Informationen über die relativen Anteile der Einzel-nuklide ableiten lassen, wurden diese aus den Beladeprotokollen übernommen und aufgrund des Zerfallsgesetzes korrigiert. Die Cs-137-Komponente im SC5 ist durch

keines der hier beschriebenen Auswerteverfahren selektiv zu erfassen. Daher wurden, abgesehen von der Zerfallskorrektur, keine Veränderungen am Cs-137-Inventar des SC5 vorgenommen.

Hervorzuheben ist, daß beide Methoden übereinstimmend für den SC1 ein rund 40 % geringeres und für den SC4 ein rund 20 % höheres Inventar liefern. Das Inventar des SC5 ist um rund 20 % niedriger anzusetzen, obwohl hier die beiden Auswerteverfahren im Rahmen der Fehlergrenzen leicht voneinander abweichende Ergebnisse zeigen. Im Fall des SC2 kann lediglich aufgrund der ODL-Messungen auf ein rund 70 % höheres Inventar geschlossen werden. Ferner 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: SIG03/94, Dresden, 6. Juni 1994
- [2] *Kunze, V.* Untersuchungen zum Aktivitätsinventar der Spezialcontainer im Untertage-messfeld des ERAM. BfS-Jahresbericht 1997, S. ET 27
- [3] *Schneider, L.* Experimentelle und theoretische Bestimmung des Strahlenfeldes zur Versuchseinlagerung radioaktiver Abfälle hoher Aktivität im Untertage-

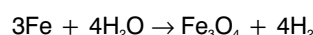
Meßfeld des Endlagers. Abschlußarbeit zum postgradualen Studium „Atomsicherheit und Strahlenschutz“, Mai 1989

Messungen von Korrosionsraten/Wasserstoffentwicklung für das Endlager Morsleben

Auftragnehmer: Sulzer Innotec AG, Winterthur

Projektleitung: W. Noack

Für die Bewertung der Sicherheit des Endlagers Morsleben in der Nachbetriebsphase ist die Kenntnis der Wasserstoffbildung erforderlich. Wasserstoff entsteht bei der anaeroben Korrosion von Eisen, das als Bestandteil der Abfallgebinde im Endlager vorhanden ist. Die Korrosion erfolgt in dem unterstellten Fall, wenn Salzlösungen zu den Abfallgebinden gelangen. Nach dem Verbrauch des Sauerstoffes u. a. durch aerobe Eisenkorrosion erfolgt die Wasserstoffbildung nach folgender zusammengefaßter Gleichung:



Die chemische Zusammensetzung und den pH-Wert von Salzlösungen, die als abdeckend anzusehen sind und deshalb bei den Experimenten verwendet wurden, enthält die **Tabelle ET-2**. Die Salzlösungen wurden mit Ausnahme der im Endlager Morsleben gewonnenen Probe synthetisch hergestellt. Für die Verfüllung der Hohlräume zwischen den Abfallgebinden

Salzlösung	Bestandteile [g]							pH-Wert
	NaCl	KCl	MgCl ₂	MgSO ₄	CaCl ₂	CaSO ₄	H ₂ O	
NaCl-Lösung	36,65	-	-	-	-	-	100	6,7
Quinäre Lauge (Q-Lauge)	2,25	5,3	36,15	3,41	-	-	100	4,6
CaCl ₂ -Lösung	0,68	0,27	24,87	-	29,6	0,05	100	5,2
Salzlösung aus Morsleben	24,3	0,62	5,95	1,76	-	-	100	~4,0

Tabelle ET-2:
Chemische Zusammensetzung verwendeter Salzlösungen

wurden folgende Materialien bei den Messungen in der Kombination mit den jeweiligen Salzlösungen berücksichtigt:

- Salzgrus
- Braunkohlefilterasche
- Bentonit
- Beton mit Salzbestandteilen

Die Eisenproben bestanden aus 1 mm-dicken Feinblechen in Tiefziehgüte nach DIN 1623, Werkstoff-Nr. 1.0338 bzw. Reineisendrähnen in Analysenqualität ($\text{Fe} \leq 99\%$, $\text{C} = 0,91\%$) mit einem Durchmesser von 0,57 mm. Das Kriterium für die Probenwahl bildete insbesondere das günstige Volumen/Oberfläche-Verhältnis und die erwartete Gasbildungsrate.

Die Wasserstoffbildung in Korrosionszellen, die kontinuierlich ein Inertgas durchströmte, wurde mit Hilfe eines Gaschromatographen gemessen, wobei die Nachweisgrenze für dieses Verfahren $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ ml m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ beträgt. Für die Messung der kumulativen Wasserstoffbildung wurde eine manometrische Meßmethode angewendet, deren Nachweisgrenze bei einem Wert von $6,4 \cdot 10^{-5} \text{ ml m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ liegt. Die gemessenen Wasserstoffbildungsrate unter Normalbedingungen für die verschiedenen Kombinationen von Salzlösungen und Verfüllmaterialien sind in der **Abbildung ET-10** angegeben.

Die niedrigste Wasserstoffbildungsrate wurde für eine NaCl-Lösung und alkalisierendem Versatzmaterial ermittelt. Die Q-Lauge in Kontakt mit Salzgrus führte zu der höchsten Wasserstoffbildung.

Die zusammengefaßten Ergebnisse weisen aus, daß bei Berücksichtigung der verschiedenen Kombinationen von Salzlösungen und Verfüllmaterial die maximalen Wasserstoffbildungsrate zwischen $0,1 \text{ ml m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ für alkalisierend wirkendes Verfüllmaterial und $1 \text{ ml m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ für nicht alkalisierende Verfüllungsbedingungen liegen.

Freisetungsverhalten flüchtiger radioaktiver Stoffe im ERAM

D. Ehrlich, T. M. Ibach*, V. Kunze

Einleitung

Ein wesentlicher Aspekt der Sicherheitsanalyse für den bestimmungsgemäßen Betrieb eines Endlagers ist die zu erwartende Freisetzung luftgetragener radioaktiver Stoffe aus den Abfällen ins bewetterte Grubengebäude und von dort in die

Umgebung der Anlage. Speziell im Hinblick auf die geplante Stilllegung des ERAM, aber auch zur Validierung von abfallspezifischen Freisetzungsraten, wurde ein Meßprogramm initiiert [1]. Die Ergebnisse dienen der Untermauerung der für das Planfeststellungsverfahren erforderlichen Angaben. Dabei sind insbesondere die Freisetzung von Tritium (H-3), Radiokohlenstoff (C-14) und Radon (Rn-222) von Bedeutung.

Aus dem Schutzziel des § 45 StrlSchV lassen sich nuklidspezifische Begrenzungen G_i für die Ableitung der flüchtigen radioaktiven Stoffe mit den Abwettern des Endlagerbergwerks herleiten, die in Summe die Einhaltung des Dosisgrenzwertes gewährleisten. Die einlagerbaren Aktivitäten A_i ($i = \text{H-3, C-14, Ra-226}^{(1)}$) sind dann durch die Beziehung

$$f_{o,i} \cdot A_{o,i} + f_{v,i} \cdot A_{v,i} < G_i$$

gegeben, wobei f_i die auf das Inventar bezogene relative jährliche Freisetzungsrate darstellt und die Indizes „o“ und „v“ für offene und versetzte Bereiche stehen. Das Freisetungsverhalten bzw. die Rückhalteeigenschaften der einzelnen Barrieren im Endlager werden im wesentlichen durch folgende Faktoren beeinflusst:

- physikalisch-chemische Form der Abfälle und Art der Konditionierung (f_o)
- Dichtheit der Verpackung²⁾ (f_v)
- physikalisch-chemische Eigenschaften des Versatzmaterials und der Abschlußbauwerke (f_i)
- Art und Struktur des Wirtsgesteins (f_g)

Bisheriger Kenntnisstand

Für Abfälle, die **H-3** in unspezifizierter Form oder als HTO enthalten, reichen die empirischen Freisetzungsraten bis in den Bereich von 5 %/a. Die Tritiumfreisetzung aus dem Abfall kann durch die Bildung von Wasserstoffgas in Form von HT durch Radiolyse erhöht werden. Dieser zusätzliche Beitrag kann – abhängig vom Restwassergehalt und der übrigen Aktivität im Abfallgebäude – die gleiche Größenordnung erreichen wie die direkte Freisetzung von Tritium. In der Praxis sind diese Bedingungen jedoch kaum gegeben.

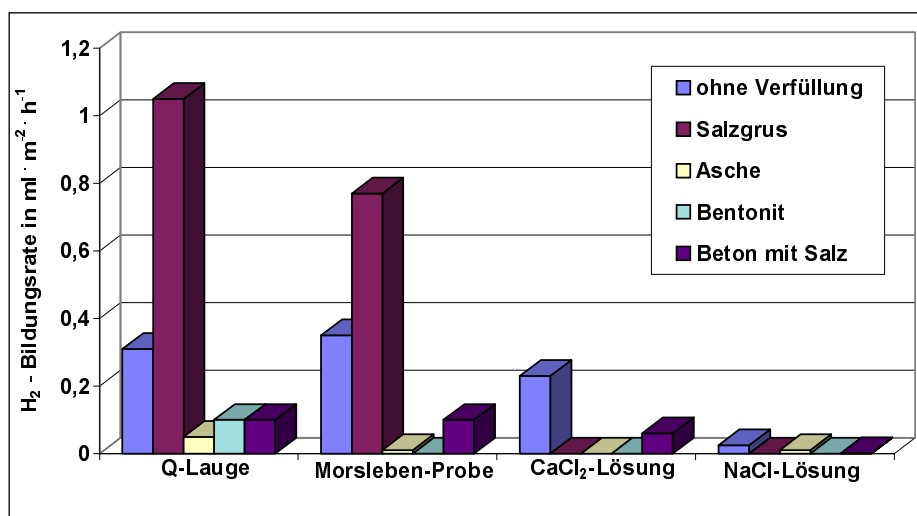


Abbildung ET 10:

Wasserstoffbildungsrate durch Eisenkorrosion für verschiedene Salzlösungen und Verfüllmaterialien (Gasvolumen unter Normalbedingungen)

Die vorhandene Datenbasis zur Freisetzung von **C-14** ist im Vergleich zu Tritium sehr viel spärlicher, so daß man zum Teil auf Analogieschlüsse angewiesen ist [2]. Unterschiede bestehen jedoch insofern, daß C-14 häufig als stabile Verbindung, z. B. als Carbonat, vorliegt und daher eher als Festkörper denn als flüchtiger radioaktiver Stoff angesehen werden kann. Ferner gibt es keine experimentellen Hinweise auf eine nennenswerte C-14-Freisetzung infolge von Radiolyse.

Die Erzeugung von **Rn-222** kann in einfacher Weise aus der Aktivität des Mutternuklids Ra-226 berechnet werden. Die Rückhaltung des Edelgases Radon wird dann nur durch die Zeit bestimmt, die zur Diffusion durch die vorhandenen Barrieren ins bewettete Grubengebäude benötigt wird. Angesichts der kurzen Halbwertszeit von 3,8 Tagen zerfällt praktisch das gesamte gebildete Radon noch im Versatzmaterial und die gebildeten Folgeprodukte verbleiben dort, so daß praktisch keine Freisetzung mehr aus versetzten Bereichen im Endlager erfolgt.

Ergebnisse des Meßprogramms

Seit Juli 1997 wurden Messungen der Aktivitätskonzentration flüchtiger radioaktiver Stoffe in den Resthohlräumen der abgeschlossenen und zum Teil versetzten Einlagerungsbereiche des ERAM durchgeführt [1]. Daraus lassen sich in Verbin-

dung mit weiteren Messungen in den Abwetterteilstromen Informationen über (i) das Rückhalte- und Absorptionsvermögen des Versatzmaterials, (ii) die Dichtigkeit der einzelnen Abschlüsse (Mauern, Versturzscheulen) und (iii) die relativen jährlichen Freisetzungsraten ableiten.

Physikalisch-chemische Effekte

H-3 und C-14 werden aus den Abfällen hauptsächlich in Form von HTO und $^{14}\text{CO}_2$ freigesetzt. Dies wird durch Messungen im unversetzten aber abgemauerten Nordfeld bestätigt. Im Gegensatz dazu wird in den Resthohlräumen des mit Braunkohlefilterasche (BFA) versetzten Westfeldes ein drastisch reduziertes HTO/HT-Verhältnis von weniger als 1:100 angetroffen. Die Ursache liegt offenbar im hygroskopischen Verhalten der BFA, die wasserförmiges Tritium bindet. Ferner ist aus Laborversuchen bekannt, daß aus den Abfällen freigesetztes HTO durch Isotopenaustausch mit der Restfeuchte im Versatz gebunden wird.

Ein ähnlicher Effekt wird auch für das Verhältnis $^{14}\text{CO}_2/^{14}\text{CH}_4$ beobachtet, das in dem gleichen Hohlraum auf etwa 3:1 herabgesetzt ist, während es in dem zugehörigen Abwetterteilstrom etwa 8:1 beträgt. Dieser Effekt ist auf die Reaktion des CO_2 mit der alkalischen Filterasche zurückzuführen, wodurch $^{14}\text{CO}_2$ gebunden wird.

Verzögerung durch Barrieren

Nach dem Verschließen der Einlagerungsräume sind die Abmauerungen oder Versturzscheulen nicht vollständig dicht. Dennoch bewirken sie zusätzlich zum Versatzmaterial eine gewisse Verzögerung, die in [2] näher betrachtet wurde, aber zum Teil stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängt. Als Ergebnis bleibt festzustellen, daß im ERAM die Verzögerungszeiten im Bereich einiger zehn bis einiger hundert Stunden liegen. Die Rn-222-Verzögerung ist i. allg. kürzer im Vergleich zu HTO und $^{14}\text{CO}_2$. Dies deutet darauf hin, daß außer der reinen Verzögerung im Fall des Edelgases Radon bei HTO und $^{14}\text{CO}_2$ weitere Rückhaltemechanismen wirksam sind.

Freisetzungsraten

Aufgrund der Messungen in den einzelnen Abwetterteilstromen lassen sich durch Vergleich der jährlich abgeleiteten Aktivitäten mit dem zugehörigen Inventar in den entsprechenden Feldesteilen relative jährliche Freisetzungsraten berechnen. Diese sind in **Tabelle ET-3** den semi-empirischen Werten, die in den Sicherheitsanalysen verwendet wurden, gegenübergestellt. Obwohl die einzelnen gemessenen Werte (Spalte 5) um bis zu einer Größenordnung streuen, werden in keinem Fall höhere Freisetzungsraten beobachtet als sie in den

Nuklid	Chemische Form/ Abfallmatrix	Relative jährliche Freisetzungsraten [%/a]			
		in der Sicherheitsanalyse verwendet		im ERAM gemessene Werte	
		für offene Bereiche	für versetzte Bereiche	für einzelne Feldesteile	für die gesamte Grube
H-3	HTO	5	0,5	0,7...2,2	1,0
	HT	≤ 5	≤ 5	0,2...1,9	0,3
C-14	unspezifiziert	0,5	0,5	0,01...0,5	0,08
Rn-222 ¹⁾	Ra-226 fixiert	330 (5)	0	80...590	320 (5)
	Ra-226 unfixiert	5300 (80)	0	(1,2...9)	

¹⁾ Freisetzungsraten bezogen auf die Ra-226-Aktivität im Abfall, Werte in Klammern beziehen sich auf die Rn-222-Produktionsrate

Tabelle ET-3:

Vergleich der relativen jährlichen Freisetzungsraten aus der Sicherheitsanalyse mit den im ERAM gemessenen Werten (weitere Erläuterungen siehe Text).

Sicherheitsanalysen verwendet wurden (Spalte 3). Im Fall des als HTO freigesetzten Tritiums wurde die Aktivität in versetzten Bereichen gesondert betrachtet und dafür, wie auch in der Sicherheitsanalyse, eine zehnfach geringere Freisetzung angenommen. Somit handelt es sich bei den in Spalte 5 und 6 angegebenen gemessenen Werten um die Freisetzungsraten aus offenen Bereichen. Bei HT und C-14 wird nicht zwischen offenen und versetzten Bereichen unterschieden, da hier auch im Rahmen der Sicherheitsanalyse keine Rückhaltung im Versatz unterstellt wurde.

Die aus den Gesamtableitungen des ERAM errechneten Freisetzungsraten (Spalte 6) sind im Fall von HTO und C-14 um etwa einen Faktor 5 und beim HT um etwa einen Faktor 15 geringer. Dennoch kann die beobachtete HT-Freisetzung nicht durch Radiolyse erklärt werden, sondern nur dadurch, daß der radioaktive Abfall selbst bereits Tritium in dieser chemischen Form enthält.

Die gemessene Rn-222-Freisetzung kann nicht ausschließlich mit der eingelagerten Ra-226-Aktivität in Verbindung gebracht werden, da auch natürliches Rn-222 mit den Frischwettern in die Grube gelangt. Darüber hinaus enthalten auch die als Versatzmaterial verwendete BFA und sonstige Baustoffe (z.B. Beton) Ra-226 und geben somit Anlaß zu einer Rn-222-Emanation. Daher können die gemessenen Werte nur als Obergrenzen für die Freisetzung aus den Abfällen angesehen werden und nicht direkt mit den Werten der Sicherheitsanalyse verglichen werden. Dennoch sind auch hier die beobachteten Freisetzungsraten durchweg kleiner und bestätigen damit die Konservativität der Sicherheitsanalyse.

- 1) Die Freisetzungsraten für Rn-222 wird auf die Aktivität des Mutternuklids Ra-226 bezogen.
- 2) Wurde nur für unversetzte Abfälle in der Sicherheitsanalyse Konrad bei Verpackungen mit spezifizierter Dichtheit unterstellt.

[1] Ehrlich, D.; Ibach, T.M.; Kunze, V.

Messungen zum Freisetzungsverhalten flüchtiger radioaktiver Stoffe im ERAM.
BfS-Jahresbericht 1997, S. ET 24

[2] Ehrlich, D.; Kunze, V.; Ibach, T. M.; W. Müller

The Role of Volatile Radionuclides in the Safety Analysis of Underground Repositories.

In:

Proceedings DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, 9.-11. September 1998, Satz + Druck gmbh, Düsseldorf 1998, S. 470-476

Untersuchungen an Lösungszusammensetzungen bei der Migration durch das Grubengebäude Bartensleben

Auftragnehmer : Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln

Projektleitung BfS: M. Beushausen

Das Grubengebäude der Schachanlage Bartensleben des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) ist insbesondere in seinem Zentralteil stark durchbaut. In den Abbau 1A, als Bestandteil des Zentralteils, dringen Lösungen ein. Geochemische Untersuchungen zeigen, daß diese Lösungen aus einem abgeschlossenen Reservoir stammen, das nicht mit dem Deckgebirge in Verbindung steht. Genetisch betrachtet handelt es sich dabei um Metamorphose- bzw. Umbildungslösungen. Die Lösungen treten aus dem Leine-Steinsalz aus. Es ist davon auszugehen, daß als Speichergestein für diese Lösungen der oberhalb des Leine-Steinsalzes lagernde Hauptanhydrit anzusehen ist. Die Bedeutung des Abbaus 1A im Zentralteil der Grube Bartensleben für die Sicherheitsanalysen ergibt sich daraus, daß aufgrund des hohen Durchbaugrades zu erwarten ist, daß im Zuge fortschreitender Auflockerung offene Trennflächen entstehen, die in der Nachbetriebsphase des Endlagers eine potentielle Wegsamkeit vom Zentralteil über den Hauptanhydrit zum Deckgebirge ermöglichen könnten. Derartige Wegsamkeiten könnten zu einer Flutung des Grubengebäudes mit Lösungen aus dem Top der Salzformation führen.

Die Untersuchungen hatten zum Ziel, mögliche Zuflußpfade zu betrachten. Die dabei zu erwartenden Lösungszusammensetzungen mit den entsprechenden Lösungs- und Ausfällungsprozessen sowie die damit verbundenen Volumenveränderungen sollten quantifiziert werden. Weiterhin sollte festgestellt werden, ob Zutrittswege (Klüfte) durch Mineralausscheidungen möglicherweise geschlossen werden und somit den Zutritt abschnüren können.

Zutretende Lösungen aus dem darüberliegenden Gipshut können direkt in die Klüfte des dort angrenzenden Hauptanhydrits eintreten, oder zuerst in das ebenfalls am Gipshut ausstreichende Kaliflöz wandern und erst anschließend in den unterlagernden Hauptanhydrit eintreten. Unter der Voraussetzung, daß genügend Zeit und lösbares Material zur Verfügung steht, erfolgt die Aufsättigung der zutretenden Lösung bis zum Erreichen des thermodynamischen Gleichgewichts. Mit fortschreitendem Zufluß können sich die Randbedingungen derart ändern, daß das Gleichgewicht nicht mehr erreicht wird und sich die Lösungszusammensetzung mehr und mehr der Ausgangslösung nähert. Der Vergleich von gelöstem Mineralvolumen zum neu gebildeten Mineralvolumen zeigt, daß die Mineralauflösung bis zu einem Faktor von ca. sechs überwiegt.

Die Volumenberechnungen für ein Zuflußszenario einer Gipshutlösung erfolgte für die folgenden Fälle:

Zufluß über

- Carnallit
- Hartsalz
- Hauptanhydrit
- erst Carnallit und dann Hauptanhydrit
- erst Hartsalz und dann Hauptanhydrit
- Betrachtet wurden auch dynamische Prozesse bei progressiver Zuflußentwicklung.

Für alle Fälle, bis auf eine Ausnahme, ergab sich eine negative Massenbilanz, d.h. ein Lösungszufluß wird stets zu einer Erweiterung vorhandener Wegsamkeiten führen. Lediglich bei der Kainitisierung eines Hartsalzlagers können sich die

Migrationswege der eindringenden Lösungen durch Bildung von Kainit verschließen. Dies ist auch der Grund, warum Kalilager, die am Salzspiegel austreichen, in der geologischen Vergangenheit nicht bereits aufgelöst wurden. Die „Schutzwirkung“ Kainitisierung läuft allerdings nur beim Kontakt geringer Lösungsmengen mit großen Hartsalzmenen und in großen Zeiträumen ab. Bereits aktive, kluftgebundene Zuflüsse werden wahrscheinlich nicht verschlossen. Wegsamkeiten werden maximal erweitert, wenn Hutgesteinslösungen direkt auf Kluftcarnallit treffen und diesen zersetzen. Bei progressiver Zutrittsentwicklung werden sich die zu Anfang Carnallit-gesättigten Lösungen von den einzelnen Mineralsättigungen entfernen und sich dann allmählich in ihrer Zusammensetzung der Hutgesteinslösung nähern.

Im Hinblick auf die Volumenveränderung des Grubenhohlraumes und der aufgeschlossenen Kalilager in der gesamten Grube Bartensleben erfolgten für den Fall einer instantanen Flutung Modellrechnungen für drei verschiedene Randbedingungen.

Das Volumen der zutretenden Lösung entspricht dem heutigen offenen Hohlraum der Grube Bartensleben.

Das Volumen der zutretenden Lösungen beträgt infolge der Verfüllung mit Salzversatz 50 % des heutigen offenen Hohlraumes. Das Versatzmaterial ist Steinsalz.

Das Volumen der zutretenden Lösung beträgt infolge der Verfüllung mit Steinsalzversatz nur ca. 40 % des heutigen Volumens. Das Versatzmaterial ist mit Q-Lauge angefeuchtet.

Ergebnisse

Variante 1

Bei der instantanen Flutung des kompletten offenen Grubenhohlraums mit Gips- und Kainitlösung wird der gesamte in Bartensleben vorhandene Carnallit beeinflusst. Minerale werden selektiv gelöst, wodurch es zur Beeinflussung des Gefüges und somit der mechanischen Eigenschaften kommt. Carnallitsättigung wird nicht erreicht. Im Hartsalz wird die Auflösung fortgesetzt. Die Verhältnisse zwischen neu gebildeten und gelösten Mineralen führen

mit fortschreitender Reaktion zur Verlangsamung und anschließendem Stillstand der Reaktion. Größere Auflösungserscheinungen im Hartsalz sind nicht zu erwarten.

Variante 2

Durch das Einbringen von Steinsalzversatz in den Grubenhohlraum wird das Volumen der eindringenden Gips- und Kainitlösung um ca. 50 % reduziert. Aufgrund der Massenverhältnisse zwischen Lösung und Carnallit wird der Endpunkt der Reaktion beim Punkt Q im quaternären System erreicht. Bis zum Erreichen dieses Punktes werden von ca. 5 Mio m³ vorhandenem Carnallit 3 Mio. m³ beeinflusst. Der Rest bleibt in seiner ursprünglichen Form erhalten. Hartsalz wird nur noch begrenzt weiter gelöst, da der Punkt Q bereits im Carnallit erreicht wird.

Variante 3

Durch Zusatz von Lösung der Zusammensetzung am Punkt Q sollte in dieser Variante untersucht werden, ob diese Zumindest das Lösungsverhalten in positivem Sinne beeinflusst. Die Ergebnisse der Rechnungen zeigen, daß das beeinflusste Carnallitvolumen um ca. 16 % reduziert wird. Der Reaktionspfad unterscheidet sich nur unwesentlich von dem der Variante 2. Die Zersetzung von Hartsalz ist auch hier als gering einzuschätzen.

Interpretation der Isotopen-, Edelgas- und Salinitätsuntersuchungen an Grundwasserproben und am Porenwasser in frischen Bohrkernproben aus dem hydrogeologischen Untersuchungsgebiet des ERAM

Auftragnehmer: Prof. Dr. C. Sonntag, Heidelberg

Projektleitung: BfS: G. Stier-Friedland

Ziel der Arbeiten war es, Isotopen- und Edelgas-Datierungen an Grundwasserproben und Porenwässern in frisch erbohrten Bohrkernproben sowie Salinitätsmessungen an Bohrkernen aus dem Deck- und Nebengebirge der Salzstruktur

Allertal hinsichtlich des Alters der Wässer und der Grundwasserbewegung zu interpretieren. Die Ergebnisse dienen der Kalibrierung der Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung in den Gesteinen im Bereich des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben.

Die auf Isotope, gelöste Edelgase und Salze untersuchten Grundwasserproben und Porenlösungen in Bohrkernproben wurden in den Jahren 1994 und 1995 im Rahmen eines Bohrprogramms gewonnen, das insbesondere unter hydraulischen Gesichtspunkten konzipiert wurde. Die Untersuchungen der Proben wurden im Auftrag des BfS am Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg durchgeführt.

Isotopen- und Edelgas-Datierung an Grundwasserproben und an Porenwässern in frischen Bohrkernproben aus dem hydrogeologischen Untersuchungsgebiet des ERAM ergaben eine zonale Tiefenverteilung der Grundwasseralter. In den oberflächennahen Gesteinsschichten bis ca. 120 m unter Geländeoberfläche (Teufe) wurde an den Wasserproben holozänes Alter (bis ca. 10.000 Jahre alt) ermittelt (**Abbildung ET-11**). Bis zu einer Teufe von ca. 300 m ergaben die Datierungen der Wässer weichseleiszeitliches Alter (ca. 10.000 bis 70.000 Jahre alt). Unterhalb von ca. 300 m Teufe wurden Millionen Jahre alte, immobile Wässer angetroffen. Dies gilt sowohl für die geologische Struktureinheit Allertalzone (entspricht ungefähr der morphologischen Einheit Allertal) sowie der Lappwaldscholle (entspricht ungefähr der geographischen Einheit Lappwald).

Die Lappwaldscholle bildet das Infiltrationsgebiet für flaches und tiefes Grundwasser, das sich in Richtung Allertalzone bewegt (**Abbildung ET-12**). In der Allertalzone wird flaches Grundwasser durch Versickern von Niederschlägen gebildet und fließt zusammen mit aufsteigendem tiefem Grundwasser über die Aller ab. Daher wurden in der Allertalzone auf kurzer Entfernung nebeneinander, in gleicher Teufe, junge und alte Grundwässer ermittelt sowie eine Mischung aus diesen. Hinweise auf die skizzierte Grundwasserbewegung liefern ebenfalls die durchgeführten Salinitätsuntersuchungen.

Erhebung radioaktiver Reststoffe für das Jahr 1997

Almut Hollmann

Seit 1984 wird in jedem Jahr der Bestand an unbehandelten radioaktiven Reststof-

fen sowie der Bestand, Anfall, Zwischenlagerung und Prognose der im Folgejahr zu erwartenden konditionierten radioaktiven Abfälle erhoben. Auf der Basis dieser Recherchen und zusätzlicher Anfragen bei den Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen wird darüber hinaus eine Prognose für den Anfall radioaktiver Abfälle bis zum Jahr 2080 erstellt. Diese Prognos-

se ist im Hinblick auf die Planung ausreichender Zwischen- und Endlagerkapazitäten erforderlich.

Der Anfall konditionierter radioaktiver Abfälle im Jahr 1997 war etwas geringer als im Jahr 1996, jedoch weit höher als der bisherige durchschnittliche Anfall von 4300 m³. Die Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen haben sich im Jahr 1997 erwartungsgemäß wieder verstärkt um eine Endlagerung ihrer Abfälle im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) bemüht. Der Bestand an konditionierten radioaktiven Abfällen hat sich bei vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfällen von 61.789 m³ auf 61.192 m³ und bei wärmeentwickelnden Abfällen von 1774 m³ auf 1423 m³ reduziert. Es wurden mehr vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle im ERAM eingelagert als konditioniert wurden und der wärmeentwickelnde Abfall hat sich durch Abklingen bzw. Umpacken reduziert.

Im Rahmen der diesjährigen Umfrage zur Erhebung radioaktiver Reststoffe wurden die Angaben von 57 Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen ausgewertet.

Die **Tabelle ET-4** zeigt das Aufkommen an radioaktiven Reststoffen von 1984 bis 1997. Darüber hinaus betrug der Bestand

Abfall- erhebung	unbehandelte Reststoffe*)	konditionierte Abfälle				
		vernachlässigbar wärmeentwickelnd			wärmeentwickelnd	
		Bestand am Jahresende	Anfall	davon im ERAM endgelagert	Bestand am Jahresende	Anfall
1984	6.350	24.930	4.146		184	19
1985	5.416	29.347	4.593		213	29
1986	5.039	33.606	4.596		249	36
1987	7.662	37.504	4.225		416	46
1988	10.694	40.248	3.449		463	37
1989	11.671	43.940	3.719		480	28
1990	14.875	49.997	6.878	708	573	93
1991	18.076	54.930	5.098	49	607	36
1992	27.780	58.405	3.493		612	5
1993	27.556	61.322	4.072		1.372	760
1994	26.266	63.180	3.802	1.842	1.623	276
1995	30.107	60.798	3.376	5.758	1.928	305
1996	27.611	61.789	8.352	7.361	1.774	-154
1997	28.446	61.192	7.288	7.885	1.423	-351

Tabelle ET-4:
Aufkommen radioaktiver Reststoffe im Zeitraum 1984 bis 1997, Angaben in m³ Abfallgebundevolumen

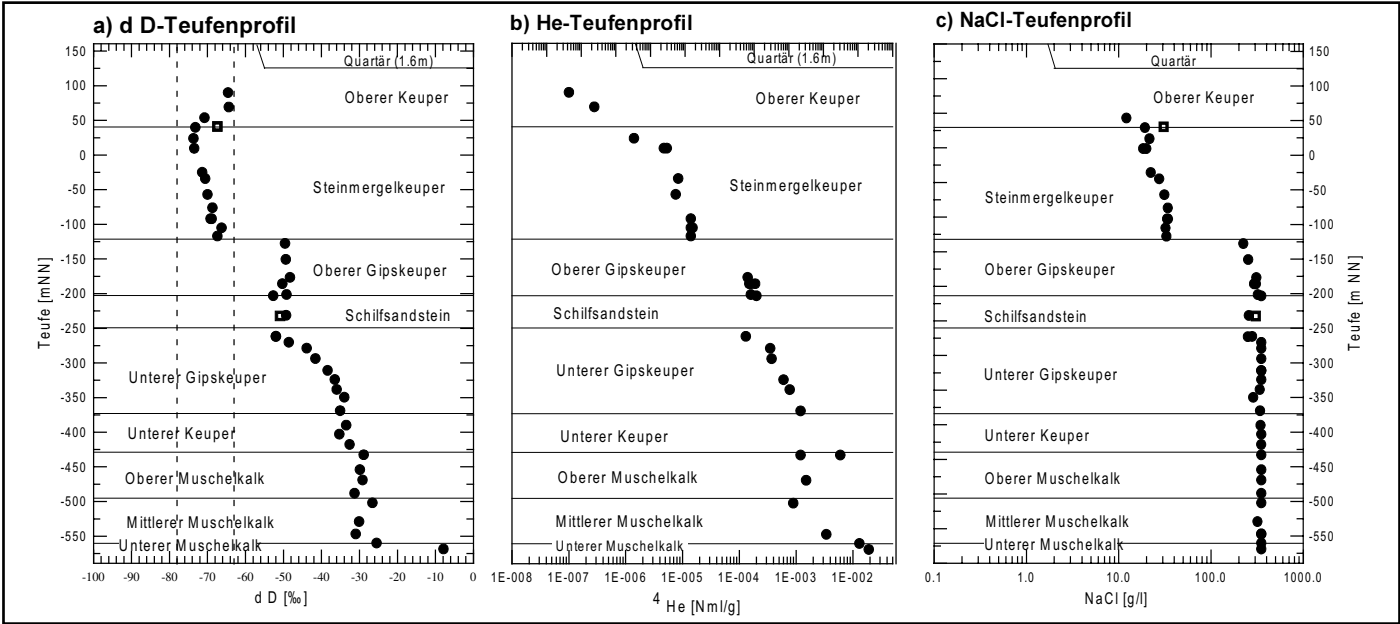


Abbildung ET-11:
Darstellung der zu einem Teufenprofil zusammengestellten Ergebnisse von a) Deuterium-, b) Helium- und c) Salinitätsmessungen an der Tiefbohrung Dp Mors 52 auf der Lappwaldscholle

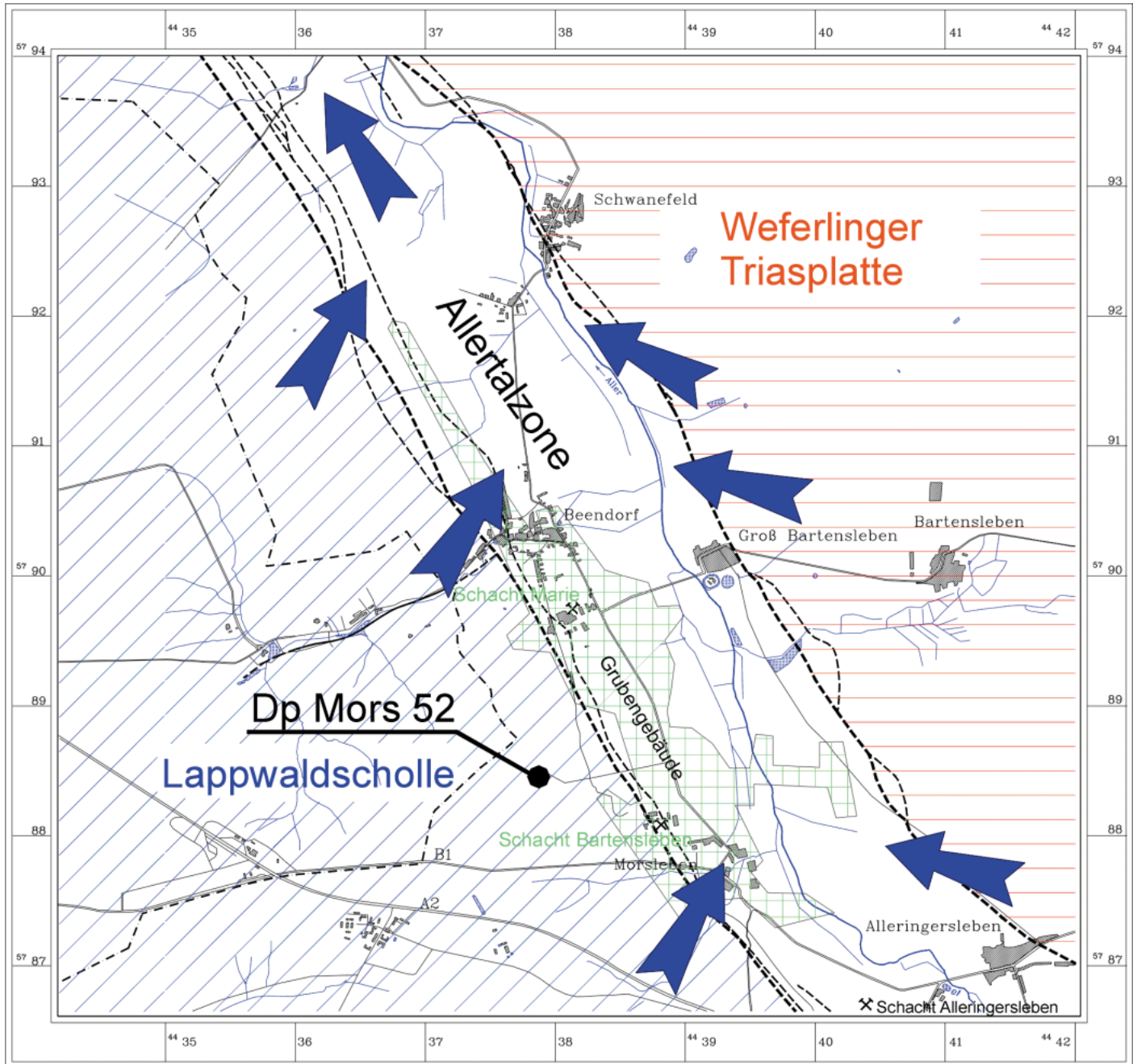


Abbildung ET-12:
Schematische Darstellung des Grundwasserabstroms im Bereich des ERAM

an Zwischenprodukten am 31. Dezember 1997 ca. 2160 m³; diese sind ausschließlich vernachlässigbar wärmeentwickelnd.

Der Bestand konditionierter vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle teilte sich zu 47,6 % auf die Forschungseinrichtungen, 25,7 % auf die Kernkraftwerke, 19,1 % auf die Wiederaufarbeitung, 4,4 % auf die kerntechnische Industrie und 3,2 % auf die Landessammelstellen auf. Der Bestand an wärmeentwickelnden Abfällen teilte sich zu 88,5 % auf die Kernkraftwerke, 5,3 % auf die Forschungseinrichtungen, 4,9 % auf die Wiederaufarbeitung und 1,3 % auf die Landessammelstellen auf. Der größte Teil des Anfalls vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle entfällt auf die stillgelegten Kernkraftwerke.

Für 1998 wurde von den Ablieferungspflichtigen für vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle ein Anfall von ca. 8470 m³ abgeschätzt. Die prognostizierten Abfallgebindevolumina für das Jahr 2080 betragen ca. 330.000 m³ für vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle und ca. 48.000 m³ für wärmeentwickelnde Abfälle.

Die jährliche Abfallerhebung umfaßt auch die Abfrage nach den vorhandenen Zwischenlagerkapazitäten und deren Ausnutzungsgraden. Die Berechnung der Zwischenlagerauslastung ist jedoch nur für eine grobe Bewertung nutzbar, da die Randbedingungen bei den Genehmigungen für die verschiedenen Zwischenlager variieren. In der Regel gelten die Genehmigungen für ein bestimmtes Gebinde, überwiegend für das 200-l-Faß. In der Praxis liegt aber meistens ein gemischtes Gebindespektrum vor, so daß nur Bandbreiten angegeben werden können. Die in Deutschland verfügbare Zwischenlagerkapazität beträgt etwa 160.000 m³, die am 31. Dezember 1997 integral zu etwa 38 % ausgenutzt war. Ein Engpaß für die Zwischenlagerung ist in den nächsten Jahren nicht zu erwarten.

Die oben angegebene Zwischenlagerkapazität erhöht sich durch die im März erfolgte Inbetriebnahme des Zwischenlagers Nord (ZLN) beträchtlich. Die Nutzung dieses Zwischenlagers mit einer Kapazität von 200.000 m³ beschränkt sich allerdings auf die Lagerung von Großkomponenten aus dem Abriß der Kernkraftwerke Greifswald und Rheinsberg.

Durchführung von Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle

Auftragnehmer: *Technischer Überwachungsverein Hannover/Sachsen-Anhalt e. V.*

Projektleitung BfS: *B.-R. Martens, H. Giller, S. Steyer*

Im Jahr 1998 wurden vor allem neue Konditionierungskampagnen begutachtet und Gebindedokumentationen geprüft, mit denen die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen von den Ablieferern oder Konditionierern nachgewiesen wird.

Die betrieblichen Lager mehrerer Kernkraftwerke sind inzwischen weitgehend geräumt. Deshalb lag ein Schwerpunkt der Tätigkeiten auf der Qualifizierung von Abfällen aus der externen Zwischenlagerung (z. B. Abfallager Gorleben, Zwischenlager Mitterteich) für die Endlagerung im ERAM. 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. Die Prüfung der Dokumentationen und die Anlieferungen zum ERAM wurden zügig durchgeführt. Die Auslagerung, Nachbehandlung und Dokumentation der Altgebinde (Fässer) aus dem Abfallager Gorleben wurde abgeschlossen. Die Auslagerung aus dem Zwischenlager Mitterteich wurde mit Abfällen aus den Kernkraftwerken Gundremmingen aufgenommen.

Die Ablieferer haben weiterhin verstärkt von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, Abfälle in Verlorenen Betonabschirmungen (VBA) und in 600-l-Fässern zu verpacken sowie zur Anlieferung von Gebinden zum Versturz die neu zugelassenen Primär- und Faßcontainer einzusetzen. Zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen wurden vom BfS ein rechteckiger Kleincontainer zur Verwendung im ERAM freigegeben. Von der Möglichkeit, diesen Behälter zu verwenden, wurde bislang kein Gebrauch gemacht.

An „neuen“ Konditionierungsverfahren wurde das Zementieren von Harzen

begutachtet. Diese Abfälle sollen mit verschiedenen Verfahren in 200-l-Fässer einbetoniert und überwiegend im ERAM verstürzt werden. Die Verfahrensbeurteilungen für diese Zementierungstechniken sind abgeschlossen oder kurz vor dem Abschluß. Eine Konditionierung und Endlagerung der Gebinde wurde bislang nicht durchgeführt. Weiterhin wurden im Jahr 1998 in einem größeren Umfang getrocknete Flüssigabfälle in Fässern begutachtet. Durch die Verbesserung von feuerfesten Verpackungen mit Druckausgleichseinrichtungen konnten zusätzliche Abfälle endlagergerecht konditioniert werden.

Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle

Auftragnehmer: *Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich*

Projektleitung BfS: *B.-R. Martens, H. Giller, S. Steyer*

Der mit der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), im Januar 1985 geschlossene Vertrag wurde 1995 als Ergebnis der Abstimmung zwischen dem Bund und den Ländern über die Abwicklung von Maßnahmen zur Produktkontrolle gekündigt und endete nach 13jähriger Laufzeit am 31. Dezember 1998. Dieser Zusammenarbeitsvertrag wurde durch einen im Oktober 1998 unterzeichneten neuen Rahmenvertrag abgelöst, der die Benennung von fachlichen Weisungen unabhängiger Sachverständiger durch die Forschungszentrum Jülich GmbH (FZJ) vorsieht. Diese in der Produktkontrollstelle PKS zusammengefaßte Gruppe soll zukünftig im Auftrag des BfS

- Konditionierungskampagnen bzw. -verfahren beurteilen,
- Prüf- bzw. Inspektionsberichte erstellen und
- begleitende Kontrollmaßnahmen bei Abfallverursachern bzw. Konditionierern durchführen.

Ein weiterer Vertrag soll die Übertragung des Eigentums an den vom BfS

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Wissenschaftliche Kurzberichte

finanzierten Prüf- und Meßeinrichtungen an das FZJ regeln; diese Einrichtungen würden damit weiterhin für zerstörungsfreie und zerstörende Untersuchungen im Auftrag externer Auftraggeber zur Verfügung stehen. Die physikalischen und chemischen Prüfmethode werden aus der PKS ausgegliedert. Arbeitsergebnisse der 1998 durchgeführten Arbeiten:

Chemische Analytik

Die chemischen Trennungsgänge für Gammastrahler wurden mit Hilfe der chromatographischen Abtrennung optimiert. Besonderes Augenmerk galt der Ermittlung der Zr-93 Aktivität in Reaktorwässern bzw. den Betriebsabfällen der Kernkraftwerke.

Nukleare Meßtechnik

Die umgebauten Gamma-Scanner mit ihrer neuen Steuerungs- und Auswertesoftware wurden an Standards und Abfallfässern erfolgreich erprobt und stehen für den Routineeinsatz wieder zur Verfügung.

Prüfeinrichtungen

Im Bereich ZFK-DE wurden die Umbauarbeiten begonnen. Eine endgültige Stellungnahme der Genehmigungsbehörde zu den eingereichten Umbauplänen steht noch aus. Im Bereich große Heiße Zellen wurden die Arbeiten nicht weiter verfolgt, da bisher nicht geklärt ist, ob die aktive Inbetriebnahme dieser teuren Zellenplätze im Rahmen der Produktkontrolle erfolgen soll.

Kontrollmaßnahmen für das ERAM und die Schachanlage KONRAD

Geprüft bzw. beurteilt wurden umfangreiche Abfallkontingente (Gebinde und Strahlenquellen) aus Medizin, Forschung (einschließlich Forschungszentren) und Industrie, sowie aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen unter Zugrundelegung entsprechender Ablaufpläne. Grundlage für die Beurteilung der Richtigkeit von Aktivitätsangaben waren eigene Messungen, die Beurteilung vorgelegter Messergebnisse und Berechnungen über Nuklid-schlüssel.

Wichtigster industrieller Abfallanmelder war die Firma Siemens-KWU. Die Prüfungen zu allen Abfällen aus dem Standort Karlstein wurden vom TÜV Hannover-Sachsen/Anhalt auf die PKS verlagert. Hier wurden in 1998 ca. 749 Gebinde für ERAM-tauglich befunden und größtenteils endgelagert. Weiterhin wurden Prüfungen zu KWU-Abfällen aus den Standorten Erlangen und Hanau für ERAM oder KONRAD durchgeführt. Die Beurteilung eines von AEA Technologies Deutschland (vormals Amersham-Buchler) vorgelegten Standardablaufplanes für die Konditionierung komplex zusammengesetzter radioaktiver Rohabfälle in ca. 1000 ERAM-gerechte Abfallgebände wurde mit positivem Ergebnis weitestgehend abgeschlossen.

Im Bereich der Landessammelstellen erfolgten Gutbefunde zu Abfallgebänden aus Berlin (253 Gebinde und 100 Behälter mit zahlreichen Strahlenquellen), Hessen (191 Gebinde), Nordrhein-Westfalen (250 Gebinde) und Sachsen (32 Gebinde), sowie Mecklenburg-Vorpommern über die Firma Stoller Ingenieurechnik (4 Gebinde). Desweiteren wurden wesentliche Abfallkontingente des Vereins für Kernverfahrenstechnik und Analytik (VKTA) Rossendorf (577 Gebinde), sowie des Forschungszentrum Jülich (290 Gebinde) überprüft und nach Gutbefund im ERAM eingelagert. Weitere Anmeldungen der Landessammelstellen Rheinland-Pfalz und des VKTA Rossendorf sind in Bearbeitung.

Darüber hinaus wurde die PKS in 1998 verstärkt beim Rückbau kerntechnischer Anlagen hinzugezogen und war mit Verfahrensbeurteilungen bzw. begleitenden Kontrollen zu Abfällen aus dem Rückbau des Forschungsreaktors der PTB in Braunschweig (35 Gebinde), des Beschleunigers aus dem Institut für Kernphysik der Universität Mainz (16 Gebinde), der AMOR-Anlage in Rossendorf, sowie der Urananlage in Ellweiler (ca. 800 Zwischenlagerbehälter), befaßt.

Die Begutachtung eines Ablaufplanes zur Qualifizierung von ca. 35.000 Gebinden aus dem Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) im Hinblick auf die Endlagerungsbedingungen KONRAD wurde mit positivem Ergebnis abgeschlossen. Durch den hohen Auslastungsgrad der Mitarbeiter der PKS, die für die Begutachtung der Dokumentation und Ablaufpläne zuständig

sind, konnte die mit der Durchführung von Kontrollmaßnahmen befaßten Mitarbeiter vollständig über Prüfaufträge finanziert werden.

Kontrollmaßnahmen für Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Für die Rückführung von HAW-Kokillen aus Frankreich wurden zwei Audits bei Bureau Veritas und zwei Inspektionsbesuche bei der COGEMA in La Hague durchgeführt. Bei diesen Inspektionsbesuchen wurden Unterlagen über ausgewählte Kokillen aus den Transportlosen bis VG-16 geprüft und daraus resultierende Fragen vor Ort diskutiert. Zur Überprüfung anstehend sind die Kokillendatensätze zu den Beladungen VG-16, VG-17 und VG-22, zu denen bei PKS Unterlagen bereits vorliegen. Die Beladungen VG-04 bis VG-09 sind in Frankreich erfolgt. Die befüllten Castor-Behälter stehen in einer Transportbereitstellungshalle der COGEMA. Der Transportzeitpunkt dieser Beladungen ist noch unbestimmt.

Zusätzlich wurde bei COGEMA der Bereich der Schaltwarten für die Anlagen T7 und R7 inspiziert, ebenso der Bereich des Kalzinators sowie des Schmelzers im Bereich der Heißen Zellen. Zu diesen Inspektionsbesuchen wurden Inspektionsberichte erstellt.

Weiterhin wurden 2 Inspektionsbesuche für die Qualifizierung der Glaskokillen aus der britischen Anlage von BNFL in Sellafield durchgeführt. Ebenso fanden 2 Audits mit Lloyds Register Industrial Division (LRID) statt, dem unabhängigen Gutachter der Base Load Customers, bei denen Fragen der Qualitätskontrolle detailliert diskutiert wurden.

Prüfung von Endlagerbehältern

Auftragnehmer: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Projektleitung BfS: B.-R. Martens

1998 wurde die von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) im Auftrag des BfS an Eisengranulat-Schwerbetonabschirmungen für die Einlagerung

von radioaktiven Abfällen in das ERAM durchgeführte Bauartprüfung weitergeführt und auf die Behältertypen GBA 200, GBA 200N, GBA 200N8, GBA 400 und GBA 400N erweitert. Die Ergebnisse der Bauartprüfungen für diese Bauarten wurden auch für die Beurteilung der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen der Schachanlage Konrad für Abfallbehälter der Abfallbehälterklasse I verwendet. Nicht abgeschlossen wurde die Beurteilung im Hinblick auf die Möglichkeit einer unbemerkten Kontaminationsverschleppung, falls bei Transport und Handhabung im Endlager Teile dieser Behälter abplatzen, sowie die Fragestellung, ob der Behälterwerkstoff für das ERAM als Abfall einzustufen ist und daher aus genehmigungsrechtlichen Erwägungen eine Umverpackung erfordert.

Weiter wurden seitens der BAM die Bauartprüfungen des Gußcontainers VI als Abfallbehälter der Abfallbehälterklasse II und des Monolith-Behälters als Abfallbehälter der Abfallbehälterklasse I für die Einlagerung radioaktiver Abfälle in der Schachanlage Konrad mit dem Ergebnis abgeschlossen, daß diese Behälter den Endlagerungsbedingungen Konrad bei Einhaltung gewisser Auflagen entsprechen (z. B. bei Nachweis der Langzeitstabilität von Elastomerdichtungen bzw. bei Erstellung und positiver Bewertung von Maßprotokollen für die Eckbeschläge von Containern).

Bewertung der Anwendbarkeit geophysikalischer Methoden zur Kernmaterialüberwachung von Endlagern in Salzstöcken

Auftragnehmer: *Geophysik GGD, Leipzig*

Projektleitung: *H. Kranz und G. Eilers*

Direkt endgelagerter abgebrannter Kernbrennstoff unterliegt während und auch nach seiner Einlagerung in einem Endlager in geologischen Formationen weiterhin der internationalen Kernmaterialüberwachung. Um diese durchführen zu können, müssen die internationalen Überwachungsbehörden – im deutschen Falle EURATOM und die IAEA – auf neu zu ent-

wickelnde Containment and Surveillance Maßnahmen (C/S Maßnahmen) zurückgreifen, da die konventionellen Safeguards-Überwachungsmaßnahmen in untertägigen Endlagern in den meisten Fällen nicht anwendbar sind oder ihre Anwendung extreme Schwierigkeiten bereitet.

Von Beratergremien sind der IAEA in den letzten Jahren mehrfach die Anwendung geophysikalischer Methoden als C/S-Maßnahmen zur Überwachung von direkt endgelagertem abgebranntem Kernbrennstoff in Endlagern in geologischen Formationen empfohlen worden.

In der internationalen SAGOR-Task wurde 1996/1997 von kanadischen Geophysikern ein Bericht erstellt, der Empfehlungen für den Einsatz derartiger geophysikalischer Methoden zu Kernmaterialüberwachungszwecken in geologischen Endlagern ausweist. Insbesondere Georadar, magnetischen sowie seismischen Methoden wird darin ein günstiges Anwendungspotential bescheinigt. Auf Störeinflüsse durch geologische Gegebenheiten sowie Limitierungen durch die Auslegung und den betrieblichen Ablauf in den einzelnen Endlagern, die sehr unterschiedlich sein können, wird in dem kanadischen Bericht nicht näher eingegangen.

Die Anwendbarkeit der potentiell für Safeguardszwecke in Endlagern einsetzbaren geophysikalischen Methoden wird im Hinblick auf ein deutsches Endlager in einem Salzstock näher untersucht. Hierzu waren als Randbedingungen zu berücksichtigen, daß

- Salz Konvergenzeigenschaften aufweist,
- ein Salzstock auch im Einlagerungsbereich nicht immer homogen zusammengesetzt sein dürfte,
- das deutsche Einlagerungskonzept die direkte Resthohlraumverfüllung nach der Einlagerung der hochradioaktiven Endlagergebäude vorsieht, d. h. daß diese unmittelbar nach ihrer Einlagerung unzugänglich werden, jedoch kleinere restliche Hohlräume im Firstbereich beim Verfüllen temporär zurückbleiben werden, die erst im Laufe der Zeit durch die Konvergenz ge-

schlossen werden. Desweiteren ist vorgesehen, Schienen in den abzuwerfenden Einlagerungstrecken nicht nach beendeter Einlagerung abzubauen, sondern beim Abwerfen zurückzulassen,

- Restfeuchten (die aus dem Einlagerungsvorgang sowie aus dem Wirtsgestein herrühren können) und Konvergenzen zu schnellem Versagen von Meßgeräten führen können. Da diese ebenfalls mit verfüllt werden würden, sind sie nicht austauschbar und können auch nicht gewartet werden.

Die besten Aussichten zur Überwachung eingelagerter einzelner Behälter in Salz bieten das Georadar sowie magnetische Verfahren, sofern die Gebinde einen hohen Eisenanteil wie im Falle der POL-LUX-Behälter aufweisen. Modellrechnungen zeigen jedoch, daß selbst unter günstigen Bedingungen auch diese Verfahren an der Grenze ihrer Möglichkeiten arbeiten. Für eine sichere Bewertung wären bei beiden Verfahren eine Nullmessung, die als Vergleichsmessung dient, und eine sehr genaue Reproduzierbarkeit der Meßorte bei Wiederholungsmessungen notwendig. Außerdem dürfen sich nach der Bezugsmessung die relevanten physikalischen Parameter im Umfeld der Meßorte nicht mehr ändern, was bei einer Messung im laufenden Betrieb ausgeschlossen ist. Nach dem Abwerfen der einzelnen Einlagerungstrecken wäre eine Messung nur in zusätzlichen Auffahrungen bzw. Bohrlöchern zwischen den Einlagerungstrecken denkbar, wobei die Meßgeräte frei beweglich sein müßten. Dieses Vorgehen steht im Widerspruch zum geplanten Einlagerungskonzept und kann, beim heutigen Stand der Technik, keine dauerhafte Überwachung der eingelagerten Behälter garantieren.

Eine Erkennung undeckelter aufgefahrener Hohlräume liegt im Bereich der Möglichkeiten derzeit existierender seismisch-akustischer Methoden. Dazu wäre jedoch für den Fall des potentiellen Endlagers Gorleben ein sehr dichtes Netz an Sensoren nötig (Maximalabstand 100 m, d. h. mindestens ca. 1000 Sensoren).

Mit dem Georadar sind solche Hohlräume ebenfalls detektierbar, wenn sie sich im

Umkreis von etwa 50 m vom Meßort befinden. Die Messungen müßten während der Inspektionen erfolgen. Eine feste Installation ist für solche Überwachungszwecke nicht sinnvoll.

Von der Erdoberfläche aus ist die Überwachung einzelner eingelagerter Behälter in der Nachbetriebsphase mit keinem geophysikalischen Verfahren möglich.

Eine seismoakustische Überwachung zur Detektion undeckelter Auffahrungen ist – insbesondere in der Nachbetriebsphase! – im quartären Deckgebirge eines Salzstockes mit einer entsprechend hohen Sensordichte in Flachbohrungen denkbar. Sie führt aber auf Grund der starken Absorption der Schallwellen zu inakzeptabel geringen Sensorabständen, da der Absorptionskoeffizient in wasser-gesättigten Lockersedimenten um ca. den Faktor 100 größer ist als im Steinsalz. Durch die freie Zugänglichkeit des Geländes in der Nachbetriebsphase muß außerdem mit einem sehr hohen Störpegel gerechnet werden.

Analyse von Brandszenarien und Entwicklung bzw. Anpassung geeigneter Rechenmodelle

Auftragnehmer: *Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH, Köln*

Projektleitung BfS: *J. Thiel*

Der Brand eines Transportfahrzeuges untertage stellt den Auslegungsschwerfall im Endlager Konrad dar, der im wesentlichen die Anforderungen an radioaktive Abfallgebinde bestimmt. Bei der Störfallanalyse im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens Konrad wurde als abdeckende Lastannahme auf der Basis eines Brandversuchs ein Brand mit einer Temperatur von 800 °C über eine Stunde abgeleitet. Dies führt zu entsprechend hohen Anforderungen an die radioaktiven Abfallgebinde, deren Einhaltung durch die Behälterqualifizierung nachzuweisen ist.

Um bei der Qualifizierung der Abfallgebinde zu konservative Randbedingungen zu vermeiden, wird untersucht, inwieweit

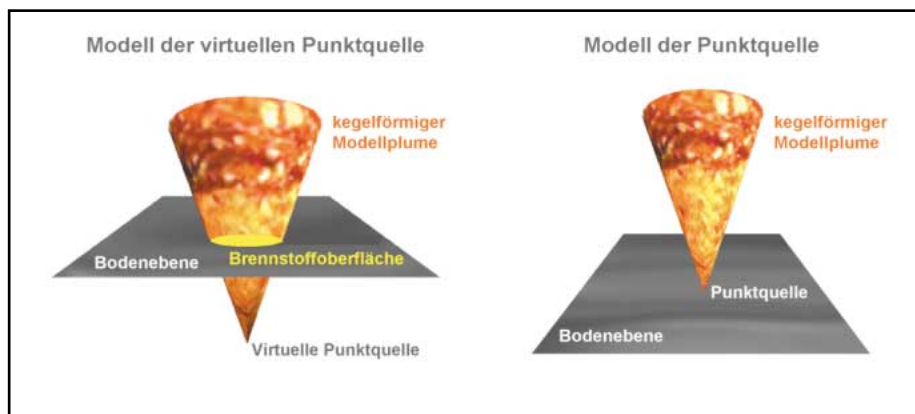


Abbildung ET-13:

Plumenmodelle zur Beschreibung des Flammen- und Brandgasraumes

neuerer Brandversuche und heute verfügbare Rechenprogramme eine realistischere und differenziertere Vorgehensweise ermöglichen. Dabei wird u. a. geprüft, inwieweit folgende Vorgänge berücksichtigt werden können:

- Wechselwirkungen zwischen Brandverlauf und Bewetterungssystem.
- Art, Menge und Anordnung der Brandlasten und deren Einfluß auf den Temperaturverlauf im Gebinde sowie den Temperatur-Zeit-Verlauf des Brandes allgemein.
- Auswirkungen der Flammen- und Brandraumgeometrie auf den Brandverlauf.
- Variation des Wärmeaustausches zwischen Flammenkörper und Umgebung durch Bauteile und deren thermische Eigenschaften bezüglich Wärmestrahlung und -absorption.

Dazu wurden die Randbedingungen sowie die erzielten Ergebnisse verschiedener experimenteller Studien zu Bränden in Tunneln gegenübergestellt und deren Übertragbarkeit auf Endlagerbrände bewertet.

Bislang wurden 6 Versuchsreihen in Verkehrstunneln und 6 Forschungsprojekte zur Aufheizung von Abfallgebinden im Brandfall ausgewertet. Die teilweise sehr spezifischen Randbedingungen wie extrem niedrige Umgebungstemperaturen bei Tests in Norwegen, Gefälle innerhalb der betrachteten Strecke und die Wahl der

Brandlasten in Form von Straßenbahn- und Eisenbahnwaggons erschwerte die direkte Übertragung auf den Brand im Endlagerbergwerk. Die Versuchsreihen zeigten einen deutlichen Einfluß der Bewetterung, strahlungsabschirmender Strukturen und der umgebenden Tunnelwände auf den Brandverlauf, die Temperaturen und Strömungen im Versuchsraum. Die am besten dokumentierten Experimente (z. B. FIRETUN, Norwegen 90-92) sollen bei den weiteren Arbeiten als Grundlage für die Verifikation von Modellen und Rechnungen dienen.

In einem zweiten Arbeitsabschnitt wurden derzeit verfügbare Rechencodes auf ihre Eignung für die Modellierung der oben genannten Phänomene untersucht. Die betrachteten Programme lassen sich in die Kategorien Zonenmodelle, Computational-Fluid-Dynamics (CFD) – Software und Wärmeübertragungs-codes einteilen. Da keines der untersuchten Programme alle Aspekte eines Brandstörfalles abdeckt, ist eine Kombination mehrerer Programme empfehlenswert. In Frage kommen hierfür die Kombinationen Zonenmodell-/Wärmeübertragungs-codes bzw. CFD-/Wärmeübertragungs-codes.

Im Rahmen der Bewertung von insgesamt 29 Zonenmodellen, 24 CFD-Programmen und 5 Wärmeübertragungs-codes werden die zugrunde liegenden physikalischen Modelle, die Gültigkeit empirischer Beziehungen für den speziellen Fall des untertägigen Brandes, die Zuverlässigkeit und Flexibilität der angewandten mathemati-

schen Lösungsverfahren und die Bedienungsfreundlichkeit ebenso wie die Hardwareanforderungen der einzelnen Software betrachtet.

Die CFD-Programme bewegen sich eng an den physikalischen Gegebenheiten und verzichten weitgehend auf die Anwendung empirischer Beziehungen. Die Modellierung beruht hier auf Energie-, Massen- und Impulsbilanzen (Navier-Stokes-Gleichungen) bzw. auf ähnlichen analytisch-physikalischen Grundbeziehungen. Empirische Größenbeziehungen werden hier nur in den der exakten physikalischen Berechnung noch nicht zugänglichen Bereichen wie der Turbulenzmodellierung einbezogen.

Demgegenüber benötigen Zonenmodelle weniger Ressourcen als CFD-Codes, erkaufen sich diesen Vorteil allerdings durch geringere Genauigkeit in der Modellierung von physikalischen, chemischen und strömungstechnischen Vorgängen. Im allgemeinen werden auf der Basis experimenteller Beobachtungen empirische

Beziehungen abgeleitet und in die Programme integriert. Dieser Entstehungsweg führt zu nicht mehr allgemeingültigen Formulierungen, die in ihrem Kontext gesehen werden müssen.

Als Beispiel seien Plumemodelle erwähnt, die zur Beschreibung des Flammen- und Brandgasraumes verwendet werden. Die Wahl der Plumegeometrie ist entscheidend für die korrekte Brandmodellierung. Während für einen Poolbrand, z. B. Abbrand einer Treibstofffläche, eine kegelförmige Plumegeometrie anzusetzen ist, muß für eine Punktquelle, z. B. ein Gasbrenner, eine kegelförmige Plumegeometrie verwendet werden (s. **Abbildung ET-13**). Beide Ansätze dürfen nicht in einen unzutreffenden Zusammenhang gebracht werden (z. B. Kegel für Poolbrand, Kegelsumpf für Punktquelle), wenn mangelhafte Rechenergebnisse vermieden werden sollen.

Daraus ergeben sich für den Anwender zwei grundsätzlich verschiedene Anforderungsprofile beim Einsatz von Zonenmo-

dell- bzw. CFD-Programmen. Im ersteren Fall muß der Anwender die Hintergründe der einzelnen Teilmodelle innerhalb des Codes kennen, um deren sachgerechten Einsatz zu gewährleisten. Für CFD-Programme ergibt sich ein korrektes Ergebnis hingegen aus der sinnvollen Wahl von physikalischen Kenngrößen und passenden Randbedingungen für die Strömungs- und Wärmeübertragungsprozesse innerhalb des Modells. Die Wahl dieser Parameter erfordert physikalische Kenntnisse.

Ziel der weiteren Arbeiten ist es, festzustellen, welches Programm bei der Berechnung der betrachteten untertägigen Endlagerbrände am sinnvollsten und effizientesten einzusetzen ist.

Quantifizierung der Barrierenqualität bei Endlagergebinden

Auftragnehmer: *Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH, Köln*

Projektleitung BfS: *J. Thiel*

Die im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für das Endlager Konrad durchgeführte Störfallanalyse beruht teilweise auf sehr konservativen Annahmen. Beispielsweise wurde bei Störfällen, die zu einer mechanischen Beaufschlagung der Endlagergebinde führen (Belastungsart „Fall“ und „Crush“), eine Barrierenwirkung von Behältern der Abfallbehälterklasse I vollständig vernachlässigt. Diese Vorgehensweise führt zu einer erheblichen Überschätzung der aus den Gebinden freigesetzten Aktivität und damit zu unnötigen Restriktionen für die aus der Störfallanalyse abgeleiteten behälter- und nuklid-spezifischen Aktivitätsbegrenzungen bei mechanischen Lastfällen.

Durch die mechanische Beaufschlagung des Abfallgebindes werden Aerosole erzeugt. Der in die Umgebung freigesetzte luftgetragene Aerosolanteil hängt von den Eigenschaften des Abfalls und des Abfallbehälters ab. Das Gebinde selbst kann mehrere Barrieren aufweisen, z. B. im Falle von Abfallfässern, die in einem Container verpackt sind. Das Konzept der Aerosolaustragung aus einem Endlagergebinde ist schematisch in **Abbildung ET-14**

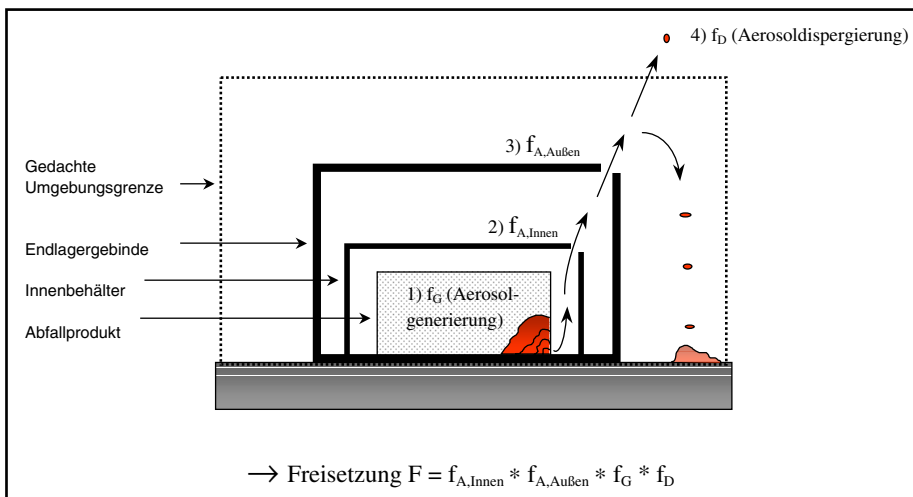


Abbildung ET-14:

Schemadarstellung der Austragung aus einem Endlagergebinde

- 1) Durch einwirkende Kräfte kann je nach Abfallprodukt nur ein Bruchteil des beaufschlagten Abfallprodukts in luftgetragene Partikel zerkleinert werden (Aerosolgenerierungsfaktor f_G).
- 2) Der Austragungsfaktor $f_{A,Innen}$ beschreibt das Verhältnis der aus einem inneren Gebinde ausgetragenen Masse zu der Gesamtmasse des Abfallprodukts.
- 3) Der Austragungsfaktor $f_{A,Außen}$ reduziert die Freisetzung aus dem Innenbehälter unter Berücksichtigung der Barrierenqualität des äußeren Endlagergebundes/Transportcontainers.
- 4) Der Anteil des aus dem Endlagergebinde/Transportcontainer ausgetragenen Abfallprodukts setzt sich zum Teil direkt auf dem Boden ab, so daß nur ein Bruchteil dessen als luftgetragenes Aerosol vorliegt (Aerosolgenerierungsfaktor f_D).

dargestellt. Zur Ermittlung der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung ist die Freisetzung F am Störfallort noch zu multiplizieren mit Faktoren, die Rückhaltemechanismen in der Anlage und die Ausbreitung in der Atmosphäre berücksichtigen.

Die Barrieren werden durch eine Barrierenqualität $B = 1 - f$ charakterisiert, wobei f der Anteil des Abfallprodukts ist, der die Barrieren durchdringt. Es gilt $0 \leq f \leq 1$. Im Falle des in **Abbildung ET-14** dargestellten Endlagergebundes mit einem Innen- und einem Außenbehälter ist f gegeben durch $f_{A,Innen} \cdot f_{A,Außen}$.

Zur Quantifizierung der Barrierenqualität wurde ein empirisches Modell entwickelt, das den freigesetzten luftgetragenen Aerosolanteil als stetige Funktion der Beaufschlagungsenergie beschreibt. Die mangelnden Kenntnisse der genauen Randbedingungen bei der Beaufschlagung der Gebinde wird durch eine statistische Betrachtungsweise berücksichtigt. Das Modell ist anwendbar auf alle üblicherweise eingesetzten Abfallgebinde.

Eine konkrete Anwendung des Modells wurde für Abfallgebinde durchgeführt, die nach den Endlagerungsbedingungen Konrad zugelassen sind. Gußbehälter können bei den zu erwartenden Energieeinträgen als intakt vorausgesetzt werden ($B = 1$). Zur Ermittlung der Barrierenqualität von Betonbehältern und Containern wurden experimentelle Ergebnisse von Rämö [1] ausgewertet. Nach diesen Arbeiten gilt folgender Zusammenhang zwischen dem zerstörten relativen Volumenanteil $\Delta V/V$ des Behälters und der Fallhöhe H :

$$\Delta V/V = k \cdot H \cdot \ln(V/V_0).$$

Hierbei sind k und V_0 freie Parameter, die für Anpassungszwecke zur Verfügung stehen.

Für zylindrische Betonbehälter mit zementierten Abfällen ergibt sich die in **Abbildung ET-15** dargestellte Abhängigkeit der Barrierenqualität als Funktion der Fallhöhe. Für die Belastungsart „Crash“ können entsprechende Ergebnisse in Abhängigkeit von der spezifischen Beaufschlagungsenergie abgeleitet werden. Bei Containern ergibt sich bereits bei kleinen Fallhöhen bzw. geringen spezifischen Ener-

gien eine stärkere Abnahme der Barrierenqualität im Vergleich zu Betonbehältern. Dies ist eine Folge der geringen Wandstärken bei Containern.

Auf der Basis der ermittelten Barrierenqualitätsfaktoren wurden die aus der bisherigen Störfallanalyse abgeleiteten Aktivitätsgrenzwerte für die mechanischen Lastfälle neu berechnet. Es zeigt sich, daß diese Grenzwerte um mindestens einen Faktor 2000 überschätzt wurden. Diese Ergebnisse haben jedoch nur geringe Auswirkungen auf die Aktivitätsgrenzwerte in den Endlagerungsbedingungen, da die entsprechenden Grenzwerte für die überwiegende Zahl der Nuklide bestimmt werden durch den Auslegungsstörfall „Brand untertage“. Entsprechende Untersuchungen zum Abbau von Konservatismen in bezug auf diesen Störfall sind derzeit in Bearbeitung.

- [1] Rämö, E; Pulkkinen, U; Aittola, J.-P. Damage of Reactor Waste Packages in Transport Accidents, Nordiska Kontaktorganet för Atomenergigör, October 1979

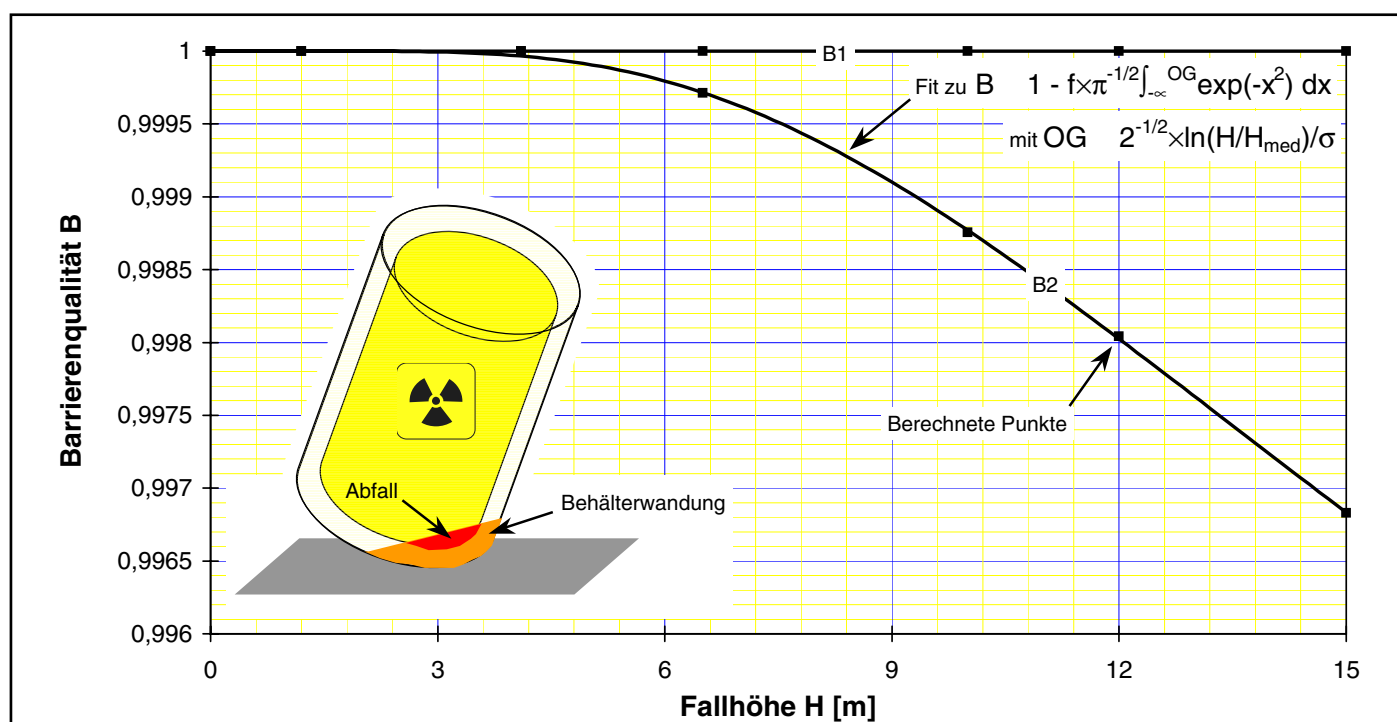


Abbildung ET-15:
Barrierenqualität der Betonbehälter für die Belastungsart „Fall“

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Internationale Zusammenarbeit

Gemeinsames Übereinkommen vom 5. September 1997 über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle

BfS-Vertreter: H. Röthemeyer

Vom 16. bis 19. November 1998 fand am Sitz des Sekretariats des o. g. Übereinkommens (IAEO) ein informelles Treffen statt, bei dem das Vorgehen für die nach dem Übereinkommen abzuhaltenden Überprüfungstagungen abgesprochen werden sollte. Es beteiligten sich 45 Staaten sowie als Beobachter die EU und die OECD/NEA. Den Vorsitz führte George Jack aus Kanada. Die Ergebnisse des Treffens sind in drei Papieren festgehalten, in denen Regelungen über die Abfolge und Finanzierung der Überprüfungstagungen sowie Anleitungen für den Überprüfungsprozess und über die Abfassung der nationalen Berichte vorgeschlagen werden.

Richtlinie für die nationalen Berichte

In einer Einleitung werden die allgemeinen Sicherheitsaspekte und die wesentlichen Themen des nationalen Berichts gegeben.

Die meisten Artikel im Übereinkommen sind so ausführlich, daß hierfür keine Richtlinien notwendig sind, daher braucht nur für einige Artikel eine Erläuterung herangezogen zu werden.

Es wurden mehrere Möglichkeiten der Gruppenbildung diskutiert. Schließlich wurde die bereits von der Nuklearen Sicherheitkonvention akzeptierte Ländergruppeneinteilung bevorzugt, da man der Auffassung war, hiermit eine breite Verteilung der einzelnen Ländererfahrungen nutzbar machen zu können. Der maßgebliche Verteilungsschlüssel in den Gruppen ist die Anzahl der betriebenen Kernkraftwerke und das damit erwartete Expertenwissen, Nichtkraftwerksstaaten sollen dann nach einem alphabetischen Schlüssel zugeordnet werden.

Richtlinie für den Überprüfungsprozeß

Die den Gruppen zugehörigen Vertragsparteien haben dort unbegrenztes Mitspracherecht. Wollen Vertragsstaaten in einer anderen Gruppe mitwirken, ist das nur zulässig, wenn sie vorher schriftliche Fragen eingereicht haben, ansonsten haben sie in diesen Gruppen nur ein Beobachterrecht. Die Stellung von nach Art. 33 Abs. 2 des Übereinkommens zugelassenen Beobachtern (Regierungsorganisationen) konnte noch nicht abschließend geklärt werden. Es bestand jedoch Einvernehmen, daß diese Beobachter im Hinblick auf die Teilnahme in den Ländergruppen keine größeren Rechte haben sollen als Vertragsstaaten in fremden Ländergruppen.

Verfahrens- und Finanzregeln

Formulierung und Inhalt des vom Sekretariat vorgelegten Entwurfs müssen vom Sekretariat überarbeitet werden.

Um die Erfahrungen der Überprüfungskonferenz der Nuklearen Sicherheitskonvention im April 1999 auswerten zu können, wurde die nächste Sitzung für den 18. bis 20. Oktober 1999 terminiert.

Komitee der OECD / NEA für die Entsorgung radioaktiver Abfälle (RWMC)

BfS-Vertreter: H. Röthemeyer

Die ad hoc-Arbeitsgruppe zum Thema „Validierung/Vertrauensbildung“ hat ihren Bericht „Vertrauensbildung in die Sicherheitsbewertung von Untertage-Endlagern“ mit Datum vom 8. September 1998 vorgelegt. Die Arbeitsgruppe bestand aus 9 Mitgliedern aus Deutschland (H. Röthemeyer), Frankreich (Vorsitz), Kanada, Schweden, der Schweiz, dem Vereinigten Königreich, dem NEA Sekretariat und einem Berater.

Der Bericht

- verbindet Sicherheitsbewertungen mit den Entscheidungsprozessen bei der Entwicklung von Endlagern;

- stellt den Prozeß der Sicherheitsbewertung auf eine rationale Basis;
- identifiziert und beschreibt die Aspekte des Vertrauensbildungsprozesses und der Kommunikation;
- gibt Beispiele insbesondere auf der Basis in Deutschland erprobter Sicherheitsindikatoren.

Der Bericht soll in den Arbeitsgruppen diskutiert und ggf. ergänzt werden. Danach kann er als Basis einer Veröffentlichung dienen, in der dieses für alle Arten langfristig toxischer Abfälle und damit für alle Industrieländer wichtige Thema einer breiteren Öffentlichkeit allgemeinverständlich nähergebracht werden soll.

Die zukünftige Arbeit der NEA wird den geänderten Bedürfnissen der Mitgliedsstaaten entsprechend angepaßt und reformiert. Die Reform verläuft in 3 Stufen:

- Strategische Planung für die nächsten 5 Jahre;
- Entwicklung eines entsprechenden Arbeitsprogrammes;
- Überprüfung der Organisationsstrukturen der Komitees.

Die OECD hat ein Projekt zur nachhaltigen Entwicklung und zu diesbezüglichen Indikatoren gestartet. Die NEA soll die entsprechende Bewertung der Kernenergie vornehmen.

Eine Sondersitzung des RWMC vom 14. bis 15. Dezember 1998 diente der RWMC-spezifischen Ausgestaltung dieser Vorgaben. Die Verabschiedung soll in der 32. Sitzung des RWMC im April 1999 erfolgen.

Ein entsprechendes Planungsdokument wurde von den Mitgliedern des Bureaus (RWMC-Vorsitzender Norrby/S und Stellvertreter Holmes/GB, Federline/USA und Röthemeyer/D) erstellt und auf der Sondersitzung durch detaillierte Darstellung folgender Bestandteile erläutert:

- 6 strategische Aufgabengebiete (Entsorgungsstrategie; Vorgehensweise bei der Entwicklung von Endlagern für langlebige radioaktive Abfälle; Entsorgung von Stilllegungsabfällen; Wahrnehmung, Akzeptanz und Vertrauen in der Öffentlichkeit; Einfluß und Bedeu-

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Internationale Zusammenarbeit

tung internationaler Empfehlungen und Übereinkommen);

- zukünftige Struktur und Arbeitsweise des RWMC;
- mögliche Arbeitsergebnisse des RWMC und seiner zuarbeitenden Fachgruppen.

Das Planungsdokument wurde grundsätzlich akzeptiert. Insbesondere wurde die Konzentration auf die neuen strategischen Aufgabengebiete bezüglich der Zusammenhänge zwischen Entscheidungsprozessen auf technischer Basis und den genehmigungsmäßigen und gesellschaftlichen Aspekten begrüßt.

Es wurden keine neuen strategischen Arbeitsgebiete identifiziert. Die Prioritäten müssen jedoch noch festgelegt, Begriffe wie Nachhaltigkeit klar definiert und die Möglichkeiten der Koordination mit anderen Arbeiten innerhalb und außerhalb der NEA besser umrissen werden.

Die neue Struktur und Arbeitsweise wurde im Grundsatz gebilligt:

- Die Gruppe zur integrierten Sicherheitsbewertung (IGSC, Integration Group for the Safety Case) sollte eine starke wissenschaftlich-technische Basis (wie PAAG und SEDE) beibehalten. Die Notwendigkeit für aufgabenorientierte Fachgruppen wird anerkannt.
- Das Forum zur Vertrauensbildung Betroffener (FSC, Forum on Stakeholders' Confidence) sollte bisherige Erfahrungen auswerten. Da Widerstand gegen Entsorgungseinrichtungen mit dem Widerstand gegen die friedliche Nutzung der Kernenergie einhergeht, sollten Erfahrungen in dieser übergreifenden Fragestellung ausgewertet werden.

Von deutscher Seite wurde bei der Diskussion dieses TOPs und dem über das zukünftige Mandat des RWMC die Frage nach möglichen Kontakten und dem Informationsaustausch mit Nichtregierungsorganisationen, z. B. bei Symposien und Workshops, gestellt. Die Fragestellung wurde mit Zurückhaltung aufgenommen.

Die Neuorientierung des RWMC erfordert auch eine Überprüfung des Mandats des

RWMC. Die Fragestellung wurde auf der Basis eines deutschen Vorschlages diskutiert. Er basiert auf einer diesbezüglichen Auswertung des Planungsdokumentes des RWMC-Bureaus. Danach ergibt sich ein Änderungs-/Ergänzungsbedarf im Hinblick auf Nachhaltigkeit, genehmigungsmäßige und gesellschaftliche Aspekte und die Zusammenarbeit mit internationalen Organisationen, wissenschaftlichen Institutionen und den OECD-Direktoraten. Die Formulierungsvorschläge wurden weitestgehend akzeptiert.

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 inhaltlich aufeinander aufbauen und sich 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 veröffent-

licht. Um einen Erfolg des Projekts zu gewährleisten, legt die OECD/NEA großen Wert auf eine kontinuierliche Mitarbeit der beteiligten Organisationen.

Nach dem ersten Workshop „Field Tracer Transport Experiments: Design, Modeling, Interpretation, and Role in the Prediction of Radionuclide Migration“ im August 1996 bei der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH in Köln und dem zweiten Workshop „Basis for Modeling the Effects of Spatial Variability on Radionuclide Migration“, der im Juni 1997 von der Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) in Paris veranstaltet wurde, fand vom 10. bis 12. Juni 1998 in Barcelona der dritte Workshop mit dem Titel „Characterisation of Water-Conducting Features and their Representation in Models for Radionuclide Migration“ statt. Er wurde vom spanischen Endlagerbetreiber Empresa Nacional de Residuos Radioactivos S.A. (enresa) veranstaltet. Auf diesem Workshop wurde die Notwendigkeit einer Vertrauensbildung in die Ergebnisse von Modellrechnungen zum Radionuklidtransport durch die Nutzung aller zur Verfügung stehender Daten unterstrichen. Herausgestellt wurde die Notwendigkeit der Einbeziehung „weicher“ Informationen in Transportmodelle. Es wurde festgestellt, daß realistische Modelle bislang eher im Bereich der Modellierung der Grundwasserbewegung, selten jedoch bei der Simulation des Stofftransports zur Anwendung kommen. Es wurde darauf hingewiesen, daß im Gesamtsystem von Sicherheitsanalysen die Barrierewirkung der Geosphäre nicht überbewertet werden sollte.

Der nächste Workshop im Rahmen dieser Serie wird im April 1999 in Carlsbad, NM, USA stattfinden. Behandelt wird das Thema „Approaches to Confidence Building in Site-Specific Models of Radionuclide Migration for Performance Assessment Purposes“.

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Internationale Zusammenarbeit

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 dritte Sitzung dieser Arbeitsgruppe fand in Brüssel am 29. und 30. Januar 1998 statt. An ihr nahmen Vertreter aus Mitgliedsländern der EU und aus zahlreichen Ländern Zentral- und Osteuropas sowie Mitarbeiter der EU teil. Ziel der Sitzung war es, Entwürfe von drei Berichtsteilen durchzusprechen, Ergänzungen und Korrekturen aufzunehmen und die Abwicklung von erforderlichen Restarbeiten festzulegen.

Die drei von der EU vorgelegten Ausarbeitungen sollen in einem Bericht an den Beratenden Programmausschuß (ACPM – Advisory Committee on Program Management) zusammengefaßt werden:

- Der erste Berichtsteil stellt eine Bestandsaufnahme der derzeit in den Mitgliedsländern der EU wie auch in den Ländern Zentral- und Osteuropas in der Praxis angewendeten sowie in der Entwicklung befindlichen bzw. geplanten Abfallklassifizierungssysteme dar. Im Rahmen seiner Durchsprache wurden nur einige wenige Anmerkungen hinsichtlich noch erforderlicher Ergänzungen und/oder Präzisierungen gemacht. Die Überarbeitung dieses Teilbeitrages soll bis etwa Mitte Februar 1998 abgeschlossen werden.
- Dieser Bestandsaufnahme kann direkt entnommen werden, daß geplante, in Entwicklung befindliche oder bereits angewendete Abfallklassifizierungssysteme entscheidend durch Umfang und

Stand der Kernenergienutzung in den verschiedenen Ländern, das damit verbundene Abfallmanagement und insbesondere durch den gewählten Entsorgungsweg einschließlich von Ergebnissen sicherheitsanalytischer Untersuchungen geprägt sind. Eine unmittelbare Vergleichbarkeit ist daher nicht gegeben. Aufgrund der unterschiedlichen nationalen Konzepte und Planungen erscheint es nur als möglich, einige qualitative Gemeinsamkeiten herauszuarbeiten. Die Ableitung eines neuen Vorschlages zur Klassifizierung radioaktiver Abfälle auf Grundlage der im Rahmen der Bestandsaufnahme ermittelten Ergebnisse ist nicht möglich.

- In Fortführung der Durchsprache von vier Vorschlägen für Abfallklassifizierungssysteme, die während der zweiten Sitzung der CAG am 26. September 1997 vorgestellt wurden, lag das Schwergewicht der Fachdiskussion auf einer Modifikation der Abfallklassifizierung, die die International Atomic Energy Agency (IAEA) empfiehlt. Dies hatte sich als einziger Vorschlag herausgestellt, der von der überwiegenden Anzahl der Mitglieder der CAG als akzeptabel und tragfähig angesehen wird. Danach werden radioaktive Abfälle in Abklingabfälle, schwach- und mittelradioaktive Abfälle (mit Unterteilung in kurz- und langlebige Abfälle) sowie in hochradioaktive Abfälle eingeteilt. Die hier jeweils zugrundeliegenden Definitionen konnten nach einer ins Detail gehenden, z. T. kontrovers geführten Diskussion im Entwurf formuliert werden. Damit wurde das Ziel erreicht, ein möglichst einfaches und robustes Klassifizierungssystem zu erarbeiten, das einerseits Hilfe und Unterstützung bei nationalen Entwicklungen bietet und andererseits mit bestehenden Systemen kompatibel ist.
- Die eingehend geführte Fachdiskussion umfaßte auch den zweiten Berichtsteil, in dem Anlaß und Zielsetzung der Einführung eines neuen Abfallklassifizierungssystems einschließlich des erarbeiteten Vorschlages schärfer herausgestellt wurde.
- Im dritten Berichtsteil werden Angaben über den derzeitigen Stand und beab-

sichtigte Planungen zur Abfalläquivalenz in qualitativer Form zusammengefaßt. Eine weitergehende Klärung und Harmonisierung im Bereich der Abfalläquivalenz ist für eine mögliche Substitution von Abfällen bei der Rücklieferung von Wiederaufarbeitungsabfällen oder im Rahmen einer möglichen ländergrenzenübergreifenden Zusammenarbeit bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle von Bedeutung. Als Diskussionsergebnis bleibt festzuhalten, daß einer Unterlage mit empfehlendem Charakter zugestimmt wurde. Die abschließende Durchsicht und Kommentierung durch die Mitglieder der CAG soll bis Anfang März erfolgen. In diesem Zusammenhang wurde auch der Wunsch angesprochen, die Äquivalenz von radioaktiven und chemisch-toxischen Abfällen hier mit einzubeziehen.

Mit der dritten Sitzung hat die CAG das ihr vorgegebene Arbeitsziel im wesentlichen erreicht. Für die noch anstehenden Arbeiten, insbesondere die Durchsicht und Kommentierung der von der EU noch fortzuschreibenden Abschlußentwürfe zum zweiten und dritten Berichtsteil, ist ein weiteres Zusammentreten dieser ad hoc-Arbeitsgruppe nicht mehr erforderlich. Diese Arbeiten sollen auf dem Postweg abgewickelt werden. Mit Abschluß der dritten Sitzung wurde die CAG aufgelöst.

Im September 1998 hat die EU den Abschlußbericht „Radioactive Waste Categories – Current Position (98) in the EU Member States and in the Baltic and Central European Countries“ (Report EUR 18324 EN) vorgelegt.

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 radioak-

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Internationale Zusammenarbeit

tiven 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 neunte Sitzung dieser Arbeitsgruppe fand in Brüssel am 12. Februar 1998 statt. An ihr nahmen Vertreter der Länder Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Portugal und Spanien sowie mehrere Vertreter der EU teil. Ziel der Sitzung war es,

- einen Überblick über kürzlich abgeschlossene und über den Bearbeitungsstand von laufenden Vorhaben zu geben,
- das Arbeitsprogramm 1998 detaillierter zu erläutern, wobei insbesondere die finanzielle Situation beleuchtet, ein Bericht über den Workshop zur Endlagerung in geologischen Formationen in Mol am 28. und 29. November 1997 und Vorschläge für mögliche neue Förderungsvorhaben angesprochen werden sollten,
- weitere umfangreiche Vorhabensvorschläge für EU-Mitgliedsländer sowie für Länder in Zentral- und Osteuropa zu diskutieren.

Die kürzlich abgeschlossenen bzw. z. Z. laufenden Vorhaben unterteilen sich in

- 20 Projekte mit Themenstellungen, die für die Mitgliedsländer der EU
- 26 Projekte mit Themenstellungen, die für die Länder der ehemaligen UdSSR relevant sind.

Von der EU wird beabsichtigt, nach Abschluß des Vorhabens „Management and disposal of disused sealed radioactive sources in the European Union“ eine kleine Arbeitsgruppe einzusetzen, die auf der Basis der Ergebnisse dieses Vorhabens eine Mitteilung der EU (commission position bzw. commission view) zu dieser Thematik an die Mitgliedsländer vorbereiten soll.

Die derzeitige finanzielle Lage wird nicht positiv eingeschätzt, da die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel beschränkt sind. Der ursprünglich vorgesehene Bedarf wurde z. T. sehr stark gekürzt. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, daß nur der kleinere Teil der insgesamt vorgestellten neuen Vorhabensvorschläge durch die EU gefördert werden kann. Diesbezügliche Entscheidungen stehen jedoch noch aus und bedürfen weiterer EU-interner Abklärungen.

Von dem französischen Vertreter wird erklärt, daß nach derzeitiger Auffassung die EU-Arbeiten durch die ANDRA nur noch verfolgt, aber nicht mehr aktiv unterstützt werden sollen.

Ein Termin der 10. Sitzung der Contract Implementation and Evaluation Group konnte aufgrund der finanziellen Situation nicht festgelegt werden. Vermutlich dürfte die nächste Sitzung nicht vor Anfang 1999 in Brüssel stattfinden.

Beratertreffen der IAEA zur vergleichenden Bewertung möglicher Auswirkungen der Endlagerung von radioaktiven und nichtradioaktiven toxischen Abfällen aus dem Bereich der Stromerzeugung

Deutscher Vertreter: P. Brennecke

Mit dem Projekt „Assessment and comparison of the impacts associated with waste resulting from energy systems“ verfolgt die International Atomic Energy Agency (IAEA) das Ziel, mögliche Auswirkungen der Endlagerung von radioaktiven und nichtradioaktiven toxischen Abfällen aus dem gesamten Bereich der Stromerzeugung zusammenzustellen und vergleichend zu bewerten. Hiermit soll sowohl industrialisierten Ländern die Möglichkeit geboten werden, für die Entsorgung solcher Abfälle getroffene Entscheidungen nochmals zu überprüfen, als auch Entwicklungsländern diesbezüglich Hilfe und Unterstützung gegeben werden.

Im Rahmen dieses Projekts hatte die Division of Radiation and Waste Safety der

IAEA ein technisches Komitee zu einer Sitzung eingeladen (technical committee meeting), um die im Entwurf vorliegende Unterlage

- „Comparison of health and environmental impacts resulting from disposal of waste from electricity generation systems – Reference waste management practices and associated exposure pathways and scenarios“

zu überarbeiten und fortzuschreiben. Diese Sitzung fand in Wien/Österreich vom 14. bis 18. September 1998 statt. An ihr nahmen je ein Vertreter aus den Ländern Belgien, Deutschland, Großbritannien, Kanada, Philippinen, Russische Föderation und den USA sowie zeitweise mehrere IAEA-Vertreter teil. Ziel der Sitzung war es,

- den Entwurf der o. a. Unterlage insbesondere im Hinblick auf Aufbau, Struktur und Zielrichtung durchzusehen,
- Konsens über derzeitige Abfallformen und Endlagerungspraktiken herzustellen und
- diesbezügliche Freisetzungs- und Transportwege zu überprüfen sowie hier notwendige Anpassungen und Ergänzungen vorzunehmen.

Aufgrund der Vielzahl radioaktiver und nichtradioaktiver toxischer Abfälle, die bei der Stromerzeugung anfallen, ihrer unterschiedlichen Behandlung und Verarbeitung und ihrer Endlagerung in entsprechenden Anlagen/Deponien auf der Erdoberfläche, im oberflächennahen Bereich oder in geologischen Formationen, ist es notwendig, repräsentative Beschreibungen zu erarbeiten. Anschließend sind relevante Freisetzungswege und Expositionsszenarien zu bestimmen, die dann als Basis für vergleichende Risikobetrachtungen dienen. Im Rahmen der hierzu durchgeführten Arbeiten wurden die vier Entsorgungswege Rezyklierung und Wiederverwendung, Endlagerung/Deponierung auf der Erdoberfläche, Endlagerung im oberflächennahen Bereich und Endlagerung in geologischen Formationen mit einem Satz repräsentativer Abfallformen aus der Stromerzeugung durch Kernenergienutzung, Kohle-/Öl-/Erdgasverbrennung und photovoltaische Sonnenenergienutzung

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Internationale Zusammenarbeit

verknüpft. Darüber hinaus war die Korrelation mit potentiellen Freisetzungs- und Transportwegen möglich, so daß damit die Grundlage für weitergehende Betrachtungen zu Expositionen und Auswirkungen geschaffen werden konnte.

Im Rahmen der Überarbeitung der o.a. Unterlage wurde auf ausdrücklichen Wunsch der IAEA nicht primär das Ziel verfolgt, einen vollständig fortgeschriebenen Entwurf als Ergebnis der Sitzung dieses technischen Komitees zu erhalten, sondern die aus fachlicher Sicht wichtigsten Gesichtspunkte und Randbedingungen für die weitere Bearbeitung bereitzustellen. Dieses Ziel ist voll erreicht worden. Aufgrund der von den Teilnehmern erbrachten Beiträge ist davon auszugehen, daß die IAEA-interne Fortschreibung und Erstellung einer vollständig überarbeiteten Fassung bis Ende 1998 möglich sein sollte.

Beratertreffen der IAEA zur Ableitung von Abfallgebinde-spezifikationen

Deutscher Vertreter: *P. Brennecke*

Zur Unterstützung von solchen Ländern, die entweder die friedliche Nutzung der Kernenergie planen oder gerade mit ihrer Einführung begonnen haben, führt die International Atomic Energy Agency (IAEA) umfangreiche Programme durch. Ein Schwerpunkt bilden dabei sicherheitstechnisch orientierte Empfehlungen.

Im Rahmen dieser Aktivitäten hatte die Waste Technology Section der IAEA zu einem Konsultationstreffen (consultants meeting) eingeladen, um mit der Erarbeitung der Unterlage „Converting Disposal Waste Acceptance Criteria into Waste Package Specifications“ zu beginnen. Dieses Treffen fand in Wien/Österreich vom 22. bis 26. Juni 1998 statt. An ihm nahmen je ein Vertreter aus den Ländern Deutschland, Frankreich, Großbritannien und Tschechien sowie zeitweise ein oder zwei Vertreter der IAEA teil. Ziel des Konsultationstreffens war es, mit dieser kleinen Arbeitsgruppe den 1. Entwurf des o. a. Berichts zu erstellen.

Der 1. Entwurf dieses Berichts, der im Laufe des Konsultationstreffens aufgrund der geführten Fachdiskussionen in „Development of Waste Package Specifications“ unbenannt wurde, unterteilt sich in die Kapitel (Stand: 26. Mai 1998):

- Introduction
- Waste Classification and Categorization
- Waste Acceptance Criteria and Requirements
- Waste Package Parameters
- Waste Package Specifications for Near Surface Disposal
- Role of Quality Assurance in Waste Package Specifications.

Die Erarbeitung dieser Unterlage hatte einer grundsätzlichen Schwierigkeit gerecht zu werden, und zwar Spezifikationen für Abfallgebinde abzuleiten bzw. zu entwickeln, ohne daß eine Sicherheitsanalyse durchgeführt und deren Ergebnisse als Basis für Abfallgebinderespezifikationen zur Verfügung stehen. Insofern war die Zielrichtung zu verfolgen, Empfehlungen und Hinweise zusammenzustellen, wie Spezifikationen für Abfallgebinde erarbeitet und welche wesentlichen Randbedingungen dabei beachtet werden müssen. Dies ist insbesondere für diejenigen Mitgliedsländer der IAEA von Bedeutung, in denen radioaktive Abfälle anfallen bzw. Abfallgebinde hergestellt werden, für die weder vorläufige noch genehmigte Endlagerungsbedingungen bestehen. Insofern müssen Gesichtspunkte wie „umfassende Charakterisierung der Abfälle/Abfallgebinde“ oder „Flexibilität bei der Konditionierung“ wie auch „grundsätzliche Aspekte der Produktkontrolle“ beachtet und in Form von Empfehlungen aufgenommen werden.

Die vertiefte inhaltliche Diskussion von Zielsetzung, Inhalt und Umfang der zu erstellenden Unterlage hatte dann auch dazu geführt, den ursprünglich vorgesehenen Titel „Converting Disposal Waste Acceptance Criteria into Waste Package Specifications“ (Anmerkung: die hiermit umrissene Vorgehensweise setzt die Durchführung einer Sicherheitsanalyse für ein Endlager voraus) in den korrekten, den eigentlichen Sachverhalt wiedergebenden

Titel „Development of Waste Package Specifications“ abzuändern.

Der 1. Entwurf dieser Ausarbeitung konnte entsprechend der o. a. Zielsetzung erstellt werden. Nach IAEA-interner redaktioneller Überarbeitung und Anpassung soll er an die Teilnehmer des Konsultationstreffens zur nochmaligen Durchsicht und Kommentierung versandt werden, bevor er im vorgesehenen nächsten Schritt einem Advisory Committee vorgelegt werden wird.

Beratertreffen der IAEA über Einflußgrößen auf die Auswahl und den Einsatz von Technologien bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle

Deutscher Vertreter: *B.-R. Martens*

Am 22. und 23. Oktober 1998 fand in Wien ein Beratertreffen der IAEA statt, bei dem der Entwurf eines Technischen Berichtes der IAEA über Einflußgrößen auf die Auswahl und den Einsatz von Technologien bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle (Arbeitstitel: Review of Factors Affecting Waste Management Technology Selection and Implementation) überprüft und überarbeitet wurde.

Die Unterlage unterscheidet zwischen nicht-technologischen und technologischen Einflußgrößen, wobei im Rahmen der Beratung festgestellt wurde, daß teilweise eine diesbezüglich eindeutige Zuordnung nicht möglich ist. Als nicht-technologische Einflußgrößen werden betrachtet:

- die Eignung nationaler Entsorgungskonzepte,
- das nationale und internationale Regelwerk und seine Erfüllung,
- die Infrastruktur,
- die Verfügbarkeit und Fachkunde von Arbeitskräften,
- die Kosten und ihre Finanzierung,
- soziale und politische Auswirkungen sowie

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Internationale Zusammenarbeit

- Möglichkeiten einer internationalen Zusammenarbeit.

Betrachtete technologische Einflußgrößen sind z. B.:

- die Menge und Eigenschaften der Abfälle vor und nach ihrer Behandlung,
- der Reifegrad, die Zuverlässigkeit und der Anwendungsbereich von Technologien,
- die Erfüllung zukünftiger Anforderungen,
- Veränderungen des Abfallvolumens,
- die Erzeugung von Sekundärabfällen,
- Sicherheit und Strahlenschutz sowie
- Umweltauswirkungen.

Der Bericht geht weiter auf die aktuell verfügbaren bzw. angewendeten Technologien bei der Vorbehandlung, Behandlung, Konditionierung, Zwischenlagerung und Endlagerung radioaktiver Abfälle ein. Ergänzend werden Entsorgungsstrategien, die Entsorgung verbrauchter Strahlenquellen und aktuelle Entwicklungstendenzen bei der Entsorgung behandelt. Die Veröffentlichung des Berichtes soll nach interner Diskussion innerhalb der IAEA und nochmaliger internationaler Diskussion im Rahmen eines weiteren Expertentreffens erfolgen.

Beratertreffen der IAEA zur Verbesserung der Datenbasis für die Entsorgung radioaktiver Abfälle

Deutscher Vertreter: B.-R. Martens

Vom 22. bis zum 26. Juni 1998 fand in Wien ein Beratertreffen (Consultants' Meeting) der IAEA statt, bei dem Vorschläge für eine verbesserte Qualität und Erfassung von Abfalldaten für die Datenbasis der IAEA zur Entsorgung radioaktiver Abfälle beraten wurden. Den Beratungen lag der Entwurf eines IAEA-Berichtes mit dem Arbeitstitel „Proposals for Improved Data Quality and Collection Mechanisms for the Waste Management Data Base“ zugrunde. Teilnehmer dieses Treffens

waren Berater aus Brasilien, Deutschland, Großbritannien, Japan, Kanada, Frankreich, Südafrika und den USA sowie ein Beobachter der Europäischen Kommission. Die für ein Beratertreffen ungewöhnlich hohe Teilnehmerzahl wurde damit begründet, daß sowohl Berater für Abfalldatenbank-Management-Systeme als auch Berater für die Ermittlung von Abfallmengen eingeladen waren.

Zunächst wurden von den Teilnehmern auf Wunsch der IAEA Vorträge über die in ihren Ländern verfügbaren Datenbanken oder Informationssysteme für radioaktive Abfälle gehalten, der EU-Beobachter informierte über den aktuellen Situationsbericht der EU zum Abfallmanagement in den Mitgliedsländern der EU. Anschließend wurde von den Teilnehmern der Entwurf eines Technischen Berichtes erarbeitet, der über die Abfallmengen und die zugehörigen Aktivitätsinventare in den von ihnen vertretenen Ländern und über die in diesen Ländern angewendeten Datenbanksysteme für radioaktive Abfälle informieren soll.

Die im Entwurf fertiggestellte Unterlage beschreibt die Klassifizierung radioaktiver Abfälle und ihre Herkunft, das Abfallinventar der teilnehmenden Länder, aktuelle Trends, die voraussichtlich die Abfallmengen und ihr Aktivitätsinventar beeinflussen werden, und soll in einem Anhang beispielhaft das Abfalldatenmanagement in verschiedenen Ländern beschreiben.

Komitee der IAEA für Entsorgungstechnologien (WATAC)

Deutscher Teilnehmer: B.-R. Martens

Vom 19. bis 21. Oktober 1998 fand in Wien das 3. Treffen des internationalen beratenden Komitees der IAEA für Entsorgungstechnologien (International Radioactive Waste Technology Advisory Committee WATAC) statt. Aufgaben des WATAC sind die Beratung der 1996 geschaffenen Abteilung Entsorgungstechnik (Waste Technology Section) und die Steuerung der von dieser Abteilung in Form von Arbeitsprogrammen geplanten Arbeiten. Im WATAC sind Argentinien, Australien, Belgien, Kana-

da, China, Frankreich, Deutschland, Großbritannien, Indien, Korea, Rußland, Südafrika, die Ukraine und die USA sowie die OECD und die EU vertreten. Die Mitgliedsländer und die genannten internationalen Organisationen berichten im WATAC jeweils über die aktuelle Entsorgungssituation und diesbezüglich durchgeführte Arbeiten. Diese Informationen werden von der IAEA jeweils in Jahresberichten zusammengefaßt und veröffentlicht.

Die für 1999 und 2000 hinsichtlich der Entsorgung radioaktiver Abfälle geplanten Arbeiten betreffen ihre Handhabung, Verarbeitung und Lagerung, ihre Endlagerung, die Dekontamination und Stilllegung kerntechnischer Anlagen, die Sanierung von Altlasten sowie generell die Unterstützung der Mitgliedsländer bei Entsorgungsfragen. Die mittelfristige bis 2003 reichende Planung der IAEA in diesem Bereich umfaßt insbesondere die Sammlung, Bewertung und den Austausch von Informationen zur Entsorgung, die Förderung der internationalen Zusammenarbeit, die Förderung von Technologien für die Endlagerung langlebiger Abfälle, die Entwicklung regionaler (länderübergreifender) Endlager und die Entwicklung von Kernbrennstoffkreisläufen ohne Proliferationsrisiko. Das Jahresbudget der Abteilung für Abfalltechnologie beträgt ca. 2,7 Millionen \$, die gleiche Summe steht jährlich für die technische Unterstützung von Mitgliedsländern zur Verfügung.

Im Rahmen der 3. Sitzung des WATAC wurde insbesondere festgestellt, daß

- die Priorität, die seitens der IAEA der Entsorgung radioaktiver Abfälle beigemessen wird, vom WATAC begrüßt wird,
- im vergangenen Jahr bei der Entwicklung von Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung bei der Entsorgung wesentliche Fortschritte gemacht wurden, wobei allerdings eine Verknüpfung dieser Indikatoren mit den Vorteilen einer Kernenergienutzung noch immer aussteht,
- eine Verbesserung der Zusammenarbeit und Kooperation zwischen der Abteilung für Abfalltechnologie und anderen Abteilungen der IAEA erkennbar ist und daß

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Internationale Zusammenarbeit

- aktuell ein Interesse an der Rückholbarkeit langlebiger radioaktiver Abfälle erkennbar ist, wobei seitens des WATAC festgestellt wird, daß eine Rückholung technisch durchführbar ist, falls ihre Kosten als unwesentlich angesehen werden. Allerdings hat eine von vornherein gewünschte Rückholbarkeit bei einem Endlager Auswirkungen auf seine Konzeption, Spaltstoffflußkontrolle und Strahlenbelastung und möglicherweise auch auf die Arbeiten der IAEA hinsichtlich der Entwicklung von Endlagerstandards und Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung bei der Entsorgung.

Sitzung des IAEA Technical Committee on Development of Indicators for Radioactive Waste Management

Deutscher Vertreter: S. Hossain

Das Thema dieser Sitzung basiert auf dem UN-weiten Programm über die Entwicklung von Indikatoren der nachhaltigen Entwicklung (ISD – Indicators of sustainable Development). In der Nachfolge der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED – United Nations Conference for Environment and Development) in 1992 in Rio de Janeiro bekam die IAEA die Verantwortung zur Entwicklung von Indikatoren der nachhaltigen Entwicklung (ISD) für die Entsorgung radioaktiver Abfälle, gemäß Kapitel 22 der Agenda 21 „Sichere und umweltverträgliche Entsorgung radioaktiver Abfälle“.

Durch eine Reihe von Experten- bzw. Beratertreffen wurde ein Entwurfssatz von sechs Indikatoren für das Technical Committee Meeting (TCM) entwickelt (**Tabelle ET-5**). Die Überprüfung dieses Indikatorsatzes war die Hauptaufgabe des TCM, an der neun Vertreter aus sechs Mitgliedsstaaten und der EU teilnahmen.

Während der ersten zwei Tage fanden Plenarsitzungen statt, wobei eine Einführung durch IAEA-Angehörige über das UN-weite ISD-Programm mit historischen

Indikatortyp	Titel
Antrieb (DF) 1	Radioaktive Abfälle zur oberflächennahen bzw. geologischen Einlagerung
Antrieb (DF) 2	Radioaktive Ableitungen
Antrieb (DF) 3	Abfälle aus vergangenen Tätigkeiten bzgl. der Verwendung radioaktiver Stoffe
Zustand (S) 1	Betriebsstatus eines Entsorgungssystems radioaktiver Abfälle
Maßnahmen (R) 1	Sichere und umweltverträgliche Entsorgung radioaktiver Abfälle
Maßnahmen (R) 2	Sicherheitskriterien für einzulagernde radioaktive Abfälle

Tabelle ET-5

Entwurfssatz von Indikatoren für die Sitzung des Technical Committee (DF – Driving Force, S – State, R – Response)

Überblicken und eine Präsentation über das Konzept des vorläufigen Indikatorsatzes gegeben wurden. Zusätzlich wurden von einer Reihe von Mitgliedsstaaten Präsentationen über ihre Länderarbeit bezüglich der ISD-Entwicklung abgehalten. Anschließend wurde der vorläufige Indikatorsatz einzeln präsentiert und mit Bezug auf das verwendete Konzept und den Zusammenhang zwischen verschiedenen Indikatoren diskutiert.

Auf der Basis der Diskussionen wurde entschieden, daß in zwei Arbeitsgruppen die Überprüfung und Modifizierung des vorläufigen Indikatorsatzes vorgenommen werden soll. Hierbei sollen die Meinungen und Ideen, die in den ersten zwei Tagen von den Teilnehmern präsentiert wurden, entsprechend berücksichtigt werden. Die Hauptschlußfolgerungen dieser Arbeitsgruppen sind:

- Die Erzeugung der radioaktiven Abfälle soll anstelle der Menge der radioaktiven Abfälle zur Einlagerung ein DF-Indikator sein.
- Ein getrennter DF-Indikator für NORM-Abfälle wird vorgeschlagen.
- Die Gesamtmenge der radioaktiven Abfälle und Abfälle aus vergangenen Tätigkeiten sollen als ein S-Indikator zusammengefaßt werden.

- Die Verbindung zwischen dem Anfall radioaktiver Abfälle und dem Maßnahmenindikator fehlt. Ein Maßnahmenindikator zur Berücksichtigung der betrieblichen Kapazität für die sichere und umweltverträgliche Entsorgung radioaktiver Abfälle könnte diese Verbindung herstellen.
- Die Gruppe empfand die IAEA-Aufgabe der Entwicklung von Indikatoren für die sichere und umweltverträglichere Entsorgung radioaktiver Abfälle als sehr anspruchsvoll und schwer zu bewältigen, zumal die Nutzung der Kernenergie in Verbindung mit dem Anfall der radioaktiven Abfälle nicht zu berücksichtigen sind.

Mit Ausnahme von Schweden konnte sich das TCM auf einen Indikatorsatz einigen (**Abbildung ET-16**):

- Es ist ersichtlich, daß die Indikatoren für einzulagernde Abfälle besser als die der Ableitungen entwickelt sind. Die Zustands- und Maßnahmenindikatoren für Ableitungen sind noch zu entwickeln.
- In weiteren Beratungen werden die Indikatoren und die unterstützende Literatur vervollständigt und zur versuchsweisen Anwendung an die Länder bereitgestellt.

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Internationale Zusammenarbeit

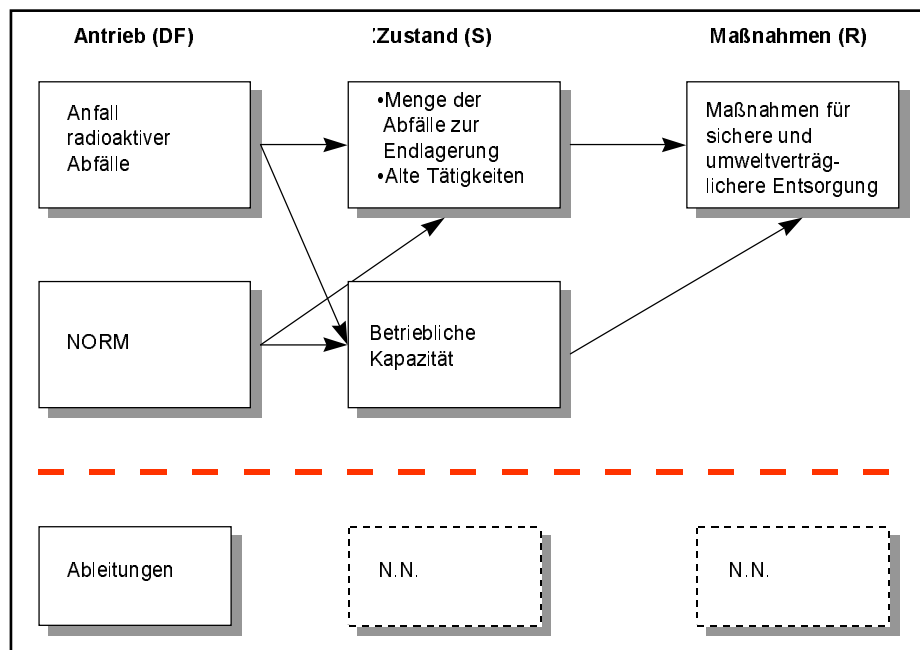


Abbildung ET-16
Der Indikatorsatz des TCM

Deutsch-amerikanische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle

P. Brennecke

In den letzten Jahren fanden zahlreiche Fachgespräche auf Arbeitsebene über gemeinsam interessierende Themenstellungen aus dem Bereich der Endlagerung radioaktiver Abfälle im Wirtsgestein Salz insbesondere mit Vertretern des U.S. Department of Energy – Carlsbad Area Office (DOE-CAO) und seinen wesentlichen Auftragnehmern statt (BfS-Jahresbericht 1995, S. 313/314; BfS-Jahresbericht 1997, S. ET58/ET59). Das Carlsbad Area Office ist für Planung, Errichtung und Betrieb der Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) bei Carlsbad/New Mexico zuständig. Vor diesem Hintergrund hat sich CAO mit dem Wunsch an das BfS gewandt, die bisher bestehenden Kontakte zu vertiefen und durch eine Rahmenvereinbarung speziell im Hinblick

auf anlagenbezogene Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu fördern.

CAO und BfS sind derzeit die einzigen Institutionen, die Arbeiten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen (hier: Wirtsgestein Salz) durchführen. Es ist daher in beiderseitigem Interesse, die bestehenden Verbindungen bzgl. einer sicheren und kostensparenden Vorgehensweise auf dem Gebiet anlagenbezogener F + E-Arbeiten zu intensivieren. Das „Basic Agreement for Cooperation and Exchange of Information in the Area of Radioactive Wastes between Federal Republic of Germany – Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) and United States Department of Energy – Carlsbad Area Office (CAO)“ wurde im Juli 1998 vom BfS gegengezeichnet. Die Zusammenarbeit soll sich dabei auf folgende Themenstellungen konzentrieren: Verfüll- und Verschleißmaßnahmen, Auflockerungszonen im Salz, Gasbildung, Zweiphasenströmungen, Modellierung von Transportprozessen, Abfallcharakterisierung und Erfahrungen aus dem Einlagerungsbetrieb.

Hiermit werden wichtige Aspekte abgedeckt, die aus deutscher Sicht für die Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben und das Endlagerprojekt Gorleben sowie aus amerikanischer Sicht für die dort erforderlichen betriebsbegleitenden Arbeiten zur Waste Isolation Pilot Plant von Bedeutung sind.

Im Rahmen dieser Zusammenarbeit wurde am 25. März 1998 dem für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zuständigen Koordinator der WIPP das Endlager Morsleben vorgestellt, der Einlagerungsbetrieb erläutert und die Anlage gemeinsam befahren. Am 9. Dezember 1998 fand ein Fachgespräch mit Vertretern der Sandia National Laboratories (SNL) unter Beteiligung von BGR, DBE und GRS statt. SNL berichtet über sicherheitsanalytische Arbeiten, die im Auftrag von DOE-CAO für die WIPP durchgeführt worden sind. Nach einem Überblick über den derzeitigen Stand dieses Endlagerprojektes stellten die SNL-Vertreter grundsätzliche Aspekte, Vorgehensweisen und wesentliche Ergebnisse von Sicherheitsanalysen vor und gingen insbesondere auf die Gasbildung, die Koppelung von Flüssigkeitsströmungen, Gebirgsdeformationen und Gasbildung sowie das hierfür verwendete Rechnerprogramm BRAGFLO ein. Von der deutschen Seite wurden entsprechende Ausführungen zu diesbezüglichen Planungsarbeiten für das Endlager Morsleben und das Endlagerprojekt Gorleben gemacht. Diesem ersten Informationsaustausch nach der BfS/CAO-Zusammenarbeitsvereinbarung ging eine Befahrung des Endlagers Morsleben am 8. Dezember 1998 durch die SNL-Vertreter voraus.

Im Rahmen der deutsch-amerikanischen Zusammenarbeit wurde darüber hinaus dem U.S. Nuclear Waste Technical Review Board (NWTRB) anlässlich seines Deutschlandbesuches in Gorleben am 9. Juni 1998 das deutsche Endlagerkonzept unter besonderer Berücksichtigung der Entsorgung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle vorgestellt.

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Internationale Zusammenarbeit

Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen

BfS-Vertreter: F. Heimlich

Teilnahme am Spent Fuel Management Seminar XV des Institute of Nuclear Materials Management (INMM) vom 14.–16. Januar 1998 in Washington, D.C.

Ca. 140 Teilnehmer aus etwa einem Dutzend Ländern diskutierten den Stand der trockenen Zwischenlagerung und der Endlagerung in den USA und in einigen europäischen Staaten. Es ergab sich u.a. die Gelegenheit, mit dem tschechischen Vertreter die Parallelen zwischen dem Lager auf dem Gelände des KKW Dukovny (zu diesem Zeitpunkt 23 CASTOR 440/84-Behälter eingelagert) und dem beantragten ZLN in Rubenow zu erörtern. Im Publik Document der NRC konnte anhand von Beispielen die Praxis der Öffentlichkeitsbeteiligung U.S.-amerikanischer Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden studiert werden.

BfS-Vertreter: H. Scheib

Teilnahme an IAEA-Aktivitäten zur Lagerung von

a) Forschungsreaktorbrennelementen

- Die Arbeiten an der IAEA-Sicherheitsrichtlinie für die Konzeption, die sicherheitstechnische Bewertung und den Betrieb von Zwischenlagern für die Aufbewahrung von Forschungsreaktorbrennelementen (vgl. Jahresberichte 1995 und 1996) wurden 1998, nachdem sie 1997 ausgesetzt waren, wieder aufgenommen. Zur Zeit befindet sich die Sicherheitsrichtlinie in der IAEA-internen Endabstimmung.

b) Hochaktiven Abfällen (Brennelemente und HAW-Kokillen) insgesamt

- Nachdem im Dezember 1997 von der IAEA eine Erhebung zum Status der Zwischenlagerung von Brennelementen (Leistungs- und Forschungsreaktoren) durchgeführt worden war, fand vom 28. September bis 1. Oktober 1998 ein weiteres Technical Committee Meeting on the Technologies and Safety Aspects of a Regional Spent Fuel Storage Facility

in Wien statt. Im Rahmen dieses TCM berichteten die Teilnehmerstaaten über die jeweiligen angewandten Technologien, Sicherheitsphilosophien und Methoden der Zwischenlagerung. Der BfS-Vertreter gab zusammen mit dem TÜV Hannover-Sachsen/Anhalt e.V. als weiteren deutschen Vertreter einen Überblick über die technischen und organisatorischen Aspekte der trockenen Zwischenlagerung in Behältern.

- Neben den Berichten der einzelnen Länder wurden prinzipielle Überlegungen zu der längerfristigen (d.h. für die nächsten 100 bis 300 Jahre) Zwischenlagerung von hochradioaktiven Abfällen (bestrahlte Brennelemente und HAW-Kokillen) in internationaler Zusammenarbeit angestellt und hierzu ein Grundsatzpapier erarbeitet. Die Publikation soll Anfang 1999 erfolgen.

Beförderung radioaktiver Stoffe

F.W. Collin, F. Nitsche

Vom 3. bis 9. Mai 1998 fand auf Einladung der IAEA, Wien, die dritte Sitzung des Transport Safety Standards Advisory Committee (TRANSSAC III) statt. Leiter der Sitzung war Dr. F.W. Collin. Es nahmen 18 Staaten und 3 internationale Organisationen teil. Nach eingehender Diskussion des Gesamtprogramms sprach TRANSSAC bezüglich des Umfanges, 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.

Ch. Fasten, F.-M. Börst

Vom 11. bis 15. Mai 1998 fand in Paris/Frankreich das Internationale Symposium „Packaging and Transport of Radioactive Material“ (PATRAM '98) statt. An dem Symposium nahmen ca. 500 Teilnehmer aus 28 Staaten und internationalen Organisationen teil. PATRAM, die weltweit größte Konferenz auf dem Gebiet des Transports und der Verpackung radioakti-

ver Stoffe, gab auch 1998 wiederum den aktuellsten Stand von Wissenschaft und Technik auf diesem Gebiet wieder.

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 15. Sitzung des ECOSOC-Subkomitees (30. Juni bis 3. Juli 1998, Genf/Schweiz) wurde der Antrag der IAEA abschließend beraten, 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

Vom 7. bis 11. Dezember 1998 fand in Wien bei der IAEA das Technical Committee Meeting on Transport Safety Compliance Training statt. An der Sitzung nahmen 30 Personen aus 18 Staaten und internationalen Organisationen teil.

Die Aufgaben des Komitees bestanden darin, inhaltliche Schwerpunkte für einen dreiwöchigen IAEA-Trainingskurs zum sicheren Transport radioaktiver Stoffe festzulegen sowie das Ausbildungsmaterial für diese Kurse zu bestätigen. Außerdem wurden für einwöchige Kurse (für Fahrer und andere am Transport beteiligte Personen) Themenschwerpunkte bestimmt.

F. Nitsche, M. Cosack

Vom 9. bis 13. Februar 1998 fand bei der International Maritime Organization (IMO) in London die 3. Sitzung des „Sub-Committees on Dangerous Goods, Solid Cargos and Containers“ (DSC) statt. Dieses Gremium überarbeitet und aktualisiert den von der IMO alle zwei Jahre herausgegebenen IMDG-Code (International Maritime

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Internationale Zusammenarbeit

Dangerous Goods Code), der den Seetransport gefährlicher Güter verbindlich regelt. Bezüglich der IMDG-Vorschriften für radioaktive Stoffe (Klasse 7) bestanden die Hauptaufgaben darin, a) den INF Code (Code for the Safe Carriage of Irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and High Level Radioactive Waste on board ships) dahingehend zu überarbeiten, daß er künftig verbindlich von allen Mitgliedsstaaten anzuwenden ist und b) die Klasse 7-Vorschriften einschließlich der neuen ST-1 Empfehlungen der IAEA zu restrukturieren, so daß sie dem Format der UN-Empfehlungen für den Transport gefährlicher Güter (orange book) entsprechen (Harmonisierung). Es konnte sowohl ein entsprechender Entwurf des INF-Codes fertiggestellt werden als auch ein erster Entwurf der restrukturierten Klasse 7-Vorschriften.

F. Nitsche

In Fortsetzung der IMO-Aktivitäten zur Umsetzung der neuen IAEA-Empfehlungen ST-1 bei gleichzeitiger Restrukturierung des Textes des IMDG-Codes tagte die Editorial & Technical Group (E & T group) vom 14. bis 18. September 1998 in London. In einer speziellen Arbeitsgruppe mit Experten aus England, Frankreich, Kanada, den Niederlanden und Deutschland wurden die Arbeiten zur Klasse 7 (Radioaktive Stoffe) fortgesetzt. Ausgehend von der im Juli 1998 von der UN verabschiedeten neuen Struktur wurde ein kompletter Entwurf des restrukturierten Klasse 7 Textes für den IMDG-Code erarbeitet, der auch die neuen ST-1 Anforderungen der IAEA enthält. Auch die im IMDG-Code weiterhin verwendeten „Transport Schedules“ konnten in der entsprechenden Form fertiggestellt werden. Diese neuen, restrukturierten Klasse 7 Vorschriften sollen ab 1. Januar 2001 in Kraft gesetzt werden.

F. Nitsche

Die International Civil Aviation Organization (ICAO) veröffentlicht alle zwei Jahre die ICAO-Technical Instruction (ICAO-TI), durch die der Lufttransport gefährlicher Güter, einschließlich radioaktiver Stoffe, weltweit verbindlich geregelt wird. In der Zeit vom 9. bis 13. Oktober 1998 fand in Canberra eine Arbeitsgruppensitzung des Dangerous Goods Panels (DGP) der ICAO statt, das das zuständige Gremium zur

Überarbeitung und Aktualisierung der ICAO-TI ist. Ziel ist es, im Jahr 2001 die ICAO-TI in restrukturierter Form und mit den neuen IAEA-Empfehlungen ST-1 zum Lufttransport radioaktiver Stoffe in Kraft zu setzen. Hierzu wurden in einer speziellen Arbeitsgruppe mit Experten aus England, Frankreich, der IAEA und Deutschland die erforderlichen Arbeiten für die Klasse 7 fortgesetzt. Ein erster kompletter Entwurf des restrukturierten Textes für die Klasse 7 Vorschriften der ICAO-TI konnte erarbeitet werden. Hierbei wurden bestehende inhaltliche Abweichungen der ICAO-TI von den IAEA-Empfehlungen ST-1 identifiziert und der gesamten Arbeitsgruppe des DGP mit Vorschlägen zur weiteren Bearbeitung im Sinne einer Harmonisierung unterbreitet.

F.-M. Börst

In der Zeit vom 2. bis 5. November 1998 fand der Trainingskurs „SCALE Shielding & Source Term Course“ in Oak Ridge (Tennessee) statt. SCALE (Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation) ist ein Programmsystem, das einzelne Module zur Berechnung von Problemen der Kritikalität, Abschirmung, Quelltermberechnung und der Abfuhr der Nachzerfallswärme beinhaltet. Durch die Teilnahme am Kurs erfolgte eine sehr effektive Einführung in das Programmsystem, wobei vor allem die Module Abschirmung und Kritikalität für die eigene Nutzung im Vordergrund standen. Das Programm SCALE 4.4 wurde zum Abschluß des Kurses übergeben (Lizenz für Einzelplatzversion).

H.-H. Schweer

Vom 18. bis 20. Mai 1998 fand in Cadarache/Frankreich eine Sitzung der „Working Party on Nuclear Criticality Safety“ (WPNCS) der OECD statt, bei der vier Themen von Arbeitsgruppen diskutiert wurden, die sich mit unterkritischen „Benchmarks“, mit Untersuchungen zum „Abbrandkredit“ bei abgebrannten Brennelementen, mit dem Vergleich von minimalen kritischen Werten und mit der Planung und Finanzierung notwendiger Kritikalitätsexperimente befassen. An der Sitzung nahmen insgesamt 38 Vertreter aus 13 Ländern teil.

In einer Arbeitsgruppe für unterkritische „Benchmarks“ beteiligten sich Vertreter

aus 5 Ländern und diskutierten über Möglichkeiten, in einer entsprechenden Datenbasis die Resultate von unterkritischen Experimenten in einem Handbuch zusammenzustellen.

Die Ergebnisse wurden von den jeweiligen Koordinatoren der verschiedenen Rechenserien zusammengestellt. Neuere Ergebnisse von Berechnungen für bestrahlte Mischoxid-Zellen (Phase IV-A) wurden besprochen. Es zeigte sich, daß zur Abrundung der geplanten OECD-Berichte weitere Informationen über die verwendeten Wirkungsquerschnitte von den Teilnehmern nachgereicht werden mußten.

Eine Arbeitsgruppe zum internationalen Projekt „Basic Minimum Critical Values“, also minimaler kritischer Werte befaßt sich mit der Aufgabe, für eine Reihe von Spaltstoffsyste men die grundlegenden kritischen Daten festzulegen. Von deutscher Seite (Weber, GRS unter Mitwirkung vom BfS) und von japanischer Seite wurden hierzu Vorschläge vorgelegt und in der Arbeitsgruppe diskutiert. Auf die Notwendigkeit einer vollständigen Dokumentation aller bei den Berechnungen verwendeten Eingangsdaten (z. B. Avogadrokonstante, Metaldichten, Anzahldichten in Lösungen) wurde hingewiesen, um zu einheitlichen Festlegungen zu gelangen.

Von amerikanischer Seite wurde ein Formblatt verteilt, welches zur behördlichen Unterstützung der Planung und Finanzierung kritischer Experimente dient und ebenfalls von anderen Ländern zur Begründung notwendiger Kritikalitätsexperimente herangezogen werden könnte.

Schließlich wurden die nationalen Projekte auf dem Gebiet der Experimente vorgestellt. Sowohl in Großbritannien als auch in Japan und Frankreich stehen hierzu Anlagen zur Verfügung oder sind geplant. Daneben ist auch in Belgien die Planung von Experimenten unter internationaler Beteiligung weit vorangeschritten.

Als weiteres Thema ist geplant, die in den Transportvorschriften bestehenden Anforderungen für Anordnungen unterschiedlicher Behälter mit spaltbaren Stoffen zu untersuchen.

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Internationale Zusammenarbeit

Internationaler Trainingskurs zum Transport radioaktiver Stoffe

F.W. Collin, Ch. Fasten, F. Nitsche, H.-H. Schweer, F.-M. Börst, H. Bertram

Vom 7. bis 25. September 1998 fand zum Thema „Sicherer Transport radioaktiver Stoffe“ ein internationaler Trainingskurs im BfS Salzgitter statt, der gemeinsam mit der IAEA veranstaltet wurde.

Den 24 Teilnehmern aus 14 Staaten Europas (vorwiegend Osteuropas) wurde ein umfassender Überblick sowohl über die Regeln als auch über die Praxis beim Transport radioaktiver Stoffe gegeben. Die Kenntnisse über den Strahlenschutz beim Transport radioaktiver Stoffe, über notwendige Behälterprüfungen, über Qualitätssicherungsmaßnahmen und über Maßnahmen zur Unfallvorsorge wurden durch Vorträge mit nationalen und interna-

tionalen Dozenten, praktische Übungen und Exkursionen in deutschen Institutionen und Unternehmen vermittelt. So hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, an einer Typ B-Behälterprüfung in der BAM Berlin teilzunehmen.

In Gorleben wurde das Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente besucht und über die neuesten Untersuchungen im Erkundungsbergwerk berichtet.

In den Firmen Amersham Buchler und AEA Technologie in Braunschweig führten die Trainingskursteilnehmer praktische Übungen zu Messungen von Kontamination und Dosisleistung gemeinsam mit den Mitarbeitern durch. Bei der Simulation eines Transportunfalls konnten die Teilnehmer ihre bis zu diesem Zeitpunkt gewonnenen Erkenntnisse anwenden.

Der Kurs fand zweisprachig statt (englisch und russisch mit simultaner Übersetzung).

Sowohl von den Teilnehmern als auch von der IAEA wurde der Trainingskurs als sehr erfolgreich eingeschätzt.

Erfahrungsaustausch mit den Ländern Osteuropas

Ch. Fasten

Im Rahmen des Förderprogramms des BMU für Länder Osteuropas wurde vom 15. bis 19. Juni 1998 in Lwow/Ukraine von der GRS ein Workshop veranstaltet, der die Fragen des physischen Schutzes von Kernmaterial und radioaktiven Stoffen beim Transport behandelte.

Prüfungen, Zulassungen, Genehmigungen

Im Jahre 1998 wurden insgesamt erteilt:

- 104 Zulassungen/Anerkennungen von Versandstücken für Kernbrennstoffe und sonstige radioaktive Stoffe nach den Verkehrsvorschriften.
- 196 Genehmigungen (Einzel-, Mehrfach- und allgemeine Genehmigungen) zur Beförderung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen gemäß § 4 AtG, § 8 StrlSchV und nach den Verkehrsvorschriften.

Workshop „Geochemische Modellierung“, TU Clausthal, 27.–28. Januar 1998

Ill, H.

Im Rahmen anlagenbezogener FuE-Arbeiten sind vom BfS Aufträge an verschiedene Institutionen vergeben worden, um die Auslaugung von Radionukliden aus hochradioaktiven und zementierten Abfällen durch Salzlösungen mit geochemischen Modellen berechenbar zu machen. Ziel des Workshops war die Präsentation und Bewertung der Ergebnisse dieser Arbeiten.

Vom Institut für Nukleare Entsorgungstechnik des Forschungszentrum Karlsruhe GmbH wurde der Stand der Arbeiten zu den Quelltermen für HAW-Glas, abgebrannten LWR-Brennstoff und Zement vorgetragen. Statusberichte zu diesen Themen liegen vor bzw. stehen vor der Fertigstellung. Es wurden geochemische Modelle entwickelt, mit denen der Reaktionsverlauf und die Reaktionsprodukte erklärt und quantifiziert werden können.

Vom Institut für anorganische Chemie der TU Bergakademie Freiberg wurden der Stand der Arbeiten zur Erstellung eines Standard-Daten-Files für die geochemische Modellierung der Reaktionen salina-rer Lösungen mit dem Salzgebirge präsentiert. Auf der Grundlage der Datenbasis ternärer Systeme wurden systematisch neue temperaturabhängige Pitzerkoeffizienten und Löslichkeitskonstanten für das quinä-re System Na^+ , K^+ , $\text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-$, $\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{O}$ auch unter Einbeziehung des Ca^{2+} -Ions (hexä-res System) bestimmt. Die Arbeiten werden in 1998 abgeschlossen.

Das Institut für Mineralogie und minerali-sche Rohstoffe der TU Clausthal stellte seine Arbeiten zur absoluten Altersdatierung von Gesteinen vor und bewertete die Ergebnisse im Hinblick auf eine Anwend-barkeit bei Evaporiten und salinaren Lösungen. Ferner wurde über die Vor-gangsweise zur Modellierung des Ver-haltens von Spurenkomponenten mit den Programmen EQ3/6 und Pitzer berichtet.

Von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH Braun-schweig wurden Arbeiten zur Berechnung

der zu erwartenden Lösungszusammen-setzungen und Volumenveränderungen bei der Flutung eines Endlagerbergwerks in Salzformationen vorgestellt. Ferner wurden Ergebnisse der geochemischen Modellierung der Wechselwirkung che-misch-toxischer Abfälle mit hochsalinaren Lösungen präsentiert. Diese Arbeiten sind im Auftrage des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) gefördert worden.

Ein zweiter Teil der Veranstaltung beschäf-tigte sich mit der geochemischen Modellie-rung der Sorption von Radionukliden und chemisch-toxischen Ionen in Sediment-Grundwassersystemen (Institut für Hydro-logie, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, München).

Disposal Technologies and Concepts 1998 (DisTec'98) – Erste internationale Konferenz zur Endlagerung radioaktiver Abfälle

P. Brennecke

Im Congress Centrum Hamburg fand in der Zeit vom 9. bis 11. September 1998 die Tagung „Disposal Technologies and Concepts 1998 (DisTec'98)“ statt. Die erste internationale Konferenz zur Endla-gerung radioaktiver Abfälle wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und der Deutschen Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) in Kooperation mit der Kern-technischen Gesellschaft (KTG) veranstal-tet; für die lokale Ausrichtung zeichnete die Fa. KONTEC GmbH verantwortlich. Die Schirmherrschaft über diese Veran-staltung hatte die Bundesumweltministerin Frau Dr. Angela Merkel übernommen.

Ziel der DisTec'98 war es, insbesondere die bisher im nationalen und internati-onalen Bereich gesammelten Erfahrungen aus Standortuntersuchungen, dem Betrieb von oberflächennahen und geo-logischen Endlagern einschließlich der damit verbundenen sicherheitstechni-schen Aspekte bzw. Untersuchungen in den Mittelpunkt der Präsentationen und Fachdiskussionen zu stellen. Die höchste Priorität kommt dabei der Sicherheit eines

Endlagers in seiner Betriebs- und Nachbe-triebsphase zu. Mit diesem Ziel bot die DisTec'98 eine Gelegenheit, den erreich-ten Stand und zukünftig noch erforderli-che wissenschaftlich-technische Arbeiten zur Realisierung der Aufgabe „Endlage-rung radioaktiver Abfälle“ aufzuzeigen. In diesem Zusammenhang wurden auch ver-schiedene nationale Entsorgungskonzep-te und -planungen angesprochen.

Die internationale Veranstaltung DisTec'98 wurde von etwa 400 Teilnehmern besucht, von denen etwa die Hälfte aus zahlreichen europäischen und außereuropäischen Ländern stammte. Das Tagungsprogramm gliederte sich in acht Abschnitte mit insge-samt 38 Vorträgen und 85 Posterbeiträgen auf. Ausgehend von einer Übersicht über den Stand der internationalen Zusammen-arbeit bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle wurde auf Standortauswahl und -untersuchung eingegangen, Aspekte bei Planung, Errichtung und Betrieb von ober-flächennahen und geologischen Endla-gern diskutiert sowie Abfallkonditionierung und Endlagerungsbedingungen behan-delt. Den wissenschaftlichen Schwerpunkt der DisTec'98 bildeten verschiedene The-menstellungen aus dem Bereich der End-lagersicherheit, wobei vor allem langzeiti-scherheitsrelevante Aspekte erörtert wur-den. Weiterhin erfolgte die Präsentation von entsorgungsspezifischen rechtlichen Grundlagen und Randbedingungen sowie Erfahrungen aus dem Bereich der Öffent-lichkeitsarbeit.

Das besondere Interesse der Tagungsteil-nehmer fand ein Round-Table-Gespräch zur Rückholbarkeit von radioaktiven Abfä-len aus einem Endlager, in dessen Verlauf die verschiedenen Aspekte der rückholba-ren Endlagerung aus internationaler Sicht dargestellt und vertieft diskutiert worden sind.

Parallel zu der DisTec'98 fand eine techni-sche Ausstellung statt, die von 20 Ausstel-tern aus acht Ländern ausgerichtet und von den Tagungsteilnehmern sehr gut angenommen wurde. Den Abschluß dieser Tagung bildeten Exkursionen zum Erkun-dungsbergwerk Gorleben, zur Schachtan-lage Konrad und zum Endlager für radio-aktive Abfälle Morsleben. Die Besichtigun-gen dieser Anlagen stießen insbesondere bei der ausländischen Seite auf großes Interesse.

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 obliegt 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 des sich entwickelnden Standes 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 Unternehmen 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 Res-

sortforschung 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 bedurften, 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.

Abgeschlossene Vorhaben

Fachliche Begleitung durch den Fachbereich Strahlenhygiene

- Fall-Kontroll-Studie zur Ermittlung der Ursachen kindlicher Leukämie in der Bundesrepublik Deutschland

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

- 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 – Pilot-Studie

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 ¹³¹Jodid im Rahmen des Radiojodtestes 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 Radiojod in die Milch durch die Fütterung von stabilen Jodgaben
- 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 Hautkrebs
- 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
- Stabile Chromosomenaberrationen als Biomarker für gesundheitliche Risiken
- Untersuchungen des Auftretens von quasitransformierten oder präneoplastischen Zellen

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

- Untersuchung zum Einfluß der Atmosphäre auf die UV-Strahlung am Boden
- Lymphomstudie – Hauptstudie
- Überprüfung von Ökosystemen nach Tschernobyl hinsichtlich der Strahlenbelastung der Bevölkerung
- Probabilistische Berechnungen von Dosiskoeffizienten zur Quantifizierung der Unsicherheiten
- Ermittlung von Patientendosiswerten bei der CT und Maßnahmen zu deren Reduzierung
- Untersuchungen zur biologischen Wirkung des gepulsten Ultraschalls an in-vitro Zellkulturmodellen sowie in-vivo unter besonderer Berücksichtigung von Kavitationsphänomenen
- Transport von radioaktiven Stoffen in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone
- Untersuchungen und Reproduktion von biologischen Effekten unter Kontrolle der Mikrodosimetrie auf Einzelzellebene bei verschiedenen Hochfrequenzexpositionen
- Radiologische Berechnungsgrundlagen zu § 7 Abs. 2a AtG
- Verbesserung der Datenlage über Bioeffekte speziell teratogener Effekte statischer Magnetfelder über 2 T sowie Bestimmung der Schwellenwerte für Bioeffekte zeitlich schnell veränderlicher Magnetfelder

- Historische (retrospektive) Kohortenstudie bei Beschäftigten der Fa. Wismut mit eingebetteter Fall-Kontroll-Studie für Lungenkrebs
- NF Exposition und Leukämie – Systematische Bestandsaufnahme über die Höhe der Exposition durch niederfrequente Magnetfelder und die Anzahl der betroffenen Personen im täglichen Bereich; Messung
- Erfassung aller auf ATÜ-Bogen vorliegenden Angaben zum Rauchverhalten der WISMUT-Beschäftigten, die Teil der Kohorte sind
- Erstellung von Hämapoese-Modellen aufgrund datenbankmäßig, detailliert erfaßter Strahlenunfälle – Systematisierung chronischer Strahlenexpositionen
- 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
- Analyse tierexperimenteller Untersuchungen zur relativen biologischen Wirksamkeit von Strahlen unterschiedlicher Qualität, insbesondere Neutronen bei der Krebsinduktion
- 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

Fachliche Begleitung durch den Fachbereich Strahlenschutz

- Auslagerverhalten von umschlossenen radioaktiven Quellen im Boden 3. Korrosionsuntersuchungen an den Umhüllungen
- Bestimmung der dosisbestimmenden physikalischen Parameter (F-Faktor, fp-Faktor, ...) im Hinblick auf Vergleich der outdoor-indoor Radonexposition
- Messung des Radons und seiner Folgeprodukte in Wohnräumen und im Freien
- Untersuchungen zur Strahlenexposition durch Radon und Radonfolgeprodukte an Arbeitsplätzen in Gebäuden
- Geogene Faktoren der Strahlenexposition unter besonderer Berücksichtigung des Radonpotentials
- Erstellung von technischen Regeln für den Strahlenschutz
- Radon-Reduzierung in Wasserwerken
- Kontrolle der Repräsentativität der Probennahme bei der Raumluftüberwachung, insbesondere für Thorium und Uran
- Abschließende Messungen zum Vorhaben St.Sch. 1087 „Berufliche Strahlenexposition durch Radon“
- Hochaufgelöste ortsabhängige Multi-Element-Analysen von mit allgemein toxischen und radioaktiven Elementen belasteten Lungengewebe mit Hilfe der Röntgenmikrosonde

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 3-wöchigen Abständen nach der Kontamination. Bei der Ernte wurde eine Trennung in Blatt, Wurzeln und Erntegutanteil durchgeführt, die anschließend gamma-spektrometrisch 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 10 mal 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 Eig-

nung von radioökologischen Modellen, zur Quantifizierung

- des Eintrags von Radionukliden in Gewässern, durch direkte Ablagerung und durch Runoff,
- den Aktivitätsverlauf im Wasser und im Sediment sowie
- 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

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

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.

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 ertüchtigen.

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 in 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 Assessment 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 σ und der Dichte ρ der gewebesimulierenden Flüssigkeit berechnet. Außen am Kopf wurden 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 der Normenentwürfe 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 zuständigen 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.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

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 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 Betriebsposition, 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 Kinderkrebsregister 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 kerntechnischen 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 Kinder aus denselben Gemeinden wie den Fällen,
- Kinder anderer Tumordiagnosen in der Bundesrepublik Deutschland und
- 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

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

Die Fälle wurden über das Mainzer Kinderkrebsregister einbezogen, 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 (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 Kernkraftwerken 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

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

- 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 unbekannten Inhalts durch Bestrahlung mit Neutronen verschiedener Energie und Analyse der dabei erzeugten Gammastrahlung
- Simulatorschulung von Betriebspersonal aus osteuropäischen Kernkraftwerken
- Unterstützung der Ukraine bei der Erstellung von Auslegungsanforderungen zum Brandschutz in Betrieb befindlicher Kernkraftwerke
- Unterstützung der ukrainischen Genehmigungsbehörde NRAU beim Aufbau eines technischen Systems zur verbesserten betrieblichen Überwachung des Kernkraftwerks Saporoshje
- Unterstützung der russischen und ukrainischen Behörden bei der Qualifizierung von ZfP-Prüfsystemen
- 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 Leitetniksysteme 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 – Sicherheitstechnische Anforderungen und Randbedingungen zur Nachweisführung ihrer Erfüllung
- Folgerungen für das globale Verhalten (induzierte Erschütterungen) von Kernkraftwerks-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 Kernkraftwerks-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_6 zu UO_2 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

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

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

-
- 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
 - Anforderungen an die Stilllegung von Forschungsreaktoren
 - Anfertigung eines Handbuchs für die Filterung von Abluft aus kerntechnischen Anlagen und Isotopenlaboratorien
 - Spezifische Strahlenschutzanalyse zum Zwecke der Aufsicht
 - Genehmigungs- und aufsichtsspezifische Fachberatung zur Sicherung kerntechnischer Einrichtungen
 - Möglichkeiten der Radiographie zur Untersuchung eines unbekannten 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 bilateraler 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 Kernkraftwerken sowjetischer Bauart
 - Aus- und Fortbildung des leitenden Kernkraftwerks-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 Kernkraftwerks Temelin
 - Beratung der ungarischen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde bei der Erneuerung der Sicherheitsleittechnik im Kernkraftwerk Paks
 - Unterstützung der ukrainischen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde NRAU bei der Einführung von Sicherheitsbegründungsberichten für ukrainische Kernkraftwerke mit WWER
 - Unterstützung der ukrainischen Behörden bei der Sicherheitsbewertung und Genehmigung der digitalen Leittechnik im Kernkraftwerk 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-Meß-

technik 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.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

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.

Ergebnisse und Bewertung

Im Laufe der Entwicklungsarbeiten wurde zunächst ein Gürtel aus Fiberglasband mit Verstärkungstegen 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 aufgedruckten 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 (PSAs) weiter zu entwickeln und fachlich dazu beizutragen, daß die anlagenspezifischen PSAs in bundeseinheitlich hoher Qualität durchgeführt und die Ergebnisse der PSAs zur Absicherung und Weiterentwicklung von Sicherheit sowie zur Risikovorsorge praktisch genutzt werden können. Zu speziellen Methodenfragen der PSA wurden aktuelle Erkenntnisse aus neuen PSAs 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 PSAs, Weiterentwicklung der Dokumente zur Durchführung von PSAs, Auswertung von Analysen zu Nichtleistungszuständen, Durchführung einer Benchmark-Übung zu gemeinsam verursachten Ausfällen, Auswertung von probabilistischen Analysen zum Containmentverhalten bei schweren Stör- und Unfällen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

Ergebnisse und Bewertung

Zur Erarbeitung einer bundeseinheitlichen verfahrensmäßigen und inhaltlichen Vorgehensweise für die Begutachtung anlagenspezifischer PSAs wurden Empfehlungen erarbeitet insbesondere zum organisatorischen Rahmen, zu Ablauf, Umfang und Tiefe der Begutachtung anlagenspezifischer PSAs. 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 PSAs im In- und Ausland in einem Vorläufervorhaben wurden PSAs 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. 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 PSAs 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 Vor-

haben 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 auslegungsüberschreitenden 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, sollten 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 Wartenpersonal 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 Wichtungen 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 Wissenstandes 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 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 empfohlenen Soll- und gegebenem Istzustand 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 Sicherheitsfragen 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 Rechen-technik 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

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Fachliche Begleitung von Ressortforschungsvorhaben

über Konzeptstudie, Auslegung, Herstellung, Implementation und Inbetriebsetzung bis hin zum Betrieb) zuordnen. Die im Rahmen des Vorhabens zu den Qualifizierungsmaßnahmen erstellte Systematik [1] 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 Blitzschutzzonenmodell zugeordnet. Diese Systematik kann für spezielle Modernisierungsprojekte, wie den Einsatz rechnergestützter Sicherheitsleittechnik, konkretisiert werden.

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 IAEA-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 FuE-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

Wissenschaftliche Publikationen

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeiten der BfS-Mitarbeiter werden im allgemeinen in Fachzeitschriften publiziert oder auf Kongressen und Tagungen vortragen.

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 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-Schriften

BfS-SCHR-16/98
Kammerer, L.
Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland 1994 bis 1995. Daten und Bewertung.
Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz.
Salzgitter, März 1998

BfS-SCHR-17/98
Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten.
Abschlußbericht zum zweiten Teilprojekt.
Salzgitter, März 1998

BfS-SCHR-18/98
Sonnek, C.
Die Euratom-Grundnormen für den Strahlenschutz 1996 und 1997.
Ausblick auf zukünftiges Strahlenschutzrecht in Deutschland.
Salzgitter, Juli 1998

BfS-ISH-Berichte

BfS-ISH-181/98
Schulz, O.; Brix, J.; Vogel, E.; Bernhardt J. H.
Niederfrequente elektrische und magnetische Felder als Umweltfaktoren: Epidemiologische Untersuchungen.
Neuherberg, Februar 1998

BfS-ISH-182/98
Gödde, R.; Schmitt-Hannig, A.; Thieme, M.
Strahlenschutzforschung – Programmreport 1997.
Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
Neuherberg, März 1998

BfS-ISH-183/98
Dahlheimer, A.; Hartmann, M.; König, K. (Hrsg.)
Körperaktivität durch natürliche Quellen.
Berücksichtigung des Beitrages der aus natürlichen Quellen aufgenommenen Radionuklide bei der Ausscheidungsanalyse.
3. Fachgespräch am 25. und 26. November 1996, Fachbereich Strahlenschutz des BfS, Berlin,
Neuherberg, März 1998

BfS-IAR-Berichte

BfS-IAR-3/98
Weiss, W.; Kelly, G.N.; French, S.
Decision Support for Emergency Response – How Best Can it be Improved?
Proceedings of a BfS/EC Workshop Freiburg, Germany, December 8–10, 1997.
Freiburg, September 1998

BfS-ST-Berichte

BfS-ST-15/98
Bünger, T.; Obrikat, D.; Rühle, H.; Viertel, H.
Materialienband 1995 zur Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen.
Ergänzung zum Jahresbericht 1995 des BMU „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“.
Berlin, März 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

BfS-KT-Berichte

BfS-KT-21/98

Philiparczyk, F.; Hutter, J.

Stand und Entwicklung der Kernenergienutzung 1997 in der Bundesrepublik Deutschland. Salzgeber, April 1998

BfS-ET-Berichte

BfS-ET-26/98

Ehrlich, D.; Kunze, V.; Theis, P.

Auswertung der meteorologischen Meßwerte der Wetterstation am Standort des Erkundungsbauwerks Gorleben für die Jahre 1988 bis 1996. Salzgeber, April 1998

BfS-ET-27/98

Ehrlich, D.; Kunze, V.; Theis, P.

Auswertung der meteorologischen Meßwerte der Wetterstation am Standort des geplanten Endlagers Konrad (Schacht 1) für die Jahre 1991 bis 1996.

(Fortsetzung des Berichtes für die Jahre 1985 bis 1990).

Salzgeber, Juni 1998

Publikationen in Fachzeitschriften und andere Publikationen

Präsidium

Beckmerhagen, I.; Berg, H. P.; Wohanka, A. E.

Quality Management for the design and operation as well as for the surveillance of radioactive waste repositories. Proceedings of the International Conference on Nuclear Engineering 1998, (ICONE-6), San Diego, The American Society of Mechanical Engineers, (1998), ICONE6-6009, CD-ROM

Beckmerhagen, I.; Brennecke, P.

Radioactive waste disposal related quality management: The German approach. Proceedings of the International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, (1998), S. 619–624

Brinkmann, M.

Der Strahlenschutzverantwortliche: Wer ist das überhaupt?

In:

Strahlenschutzrechtliche Verantwortlichkeiten von juristischen Personen des öffentlichen Rechts.

Strahlenschutz Praxis 4 (1998), S. 43–46

Dalheimer, A.; Kaul, A.; König, K.; Noßke, D.

Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen.

Teil I: Rechtliche Regelungen und Meßverfahren. StrahlenschutzPraxis, 3 (1997) 4, S. 57–63

Dalheimer, A.; Kaul, A.; König, K.; Noßke, D.

Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen.

Teil II: Biokinetische und dosimetrische Modelle. StrahlenschutzPraxis, 4 (1998) 1, S. 47–53

Métivier, H.; Kaul, A.; Menzel, H.-G.; Stather, J. W.

Intakes of Radionuclides; Occupational and Public Exposure

Proceedings of a Workshop, Avignon, France September 15–18, 1997

Radiation Protection Dosimetry, Vol. 79 Nos.

1–4, 1998, ISBN 89765 52 3

Kaul, A.

Dosimetric and Biokinetic Models of the ICRP for the Assessment of Internal Doses from Radionuclides

Fushe Fanghu, Vol. 18, No. 5–6, Sept. 1998, Seite 365–379

Kaul, A.

Intakes of Radionuclides, Radiation Protection Dosimetry

Introductory Remarks;

Vol. 79, Nos. 1–4, pp. xix–xx (1998)

Nuclear Technology Publishing

Kaul, A.

Intakes of Radionuclides; Radiation Protection Dosimetry

Editorial;

Vol. 79, Nos. 1–4 pp. xvii (1998)

Nuclear Technology Publishing

Kaul, A.; Bennett, B. G.

Sources, Exposures and Biological Effects of Ionizing Radiation

Low Doses of Ionizing Radiation: Biological Effects and Regulatory Control

Seville, Spain, 17–21 November 1997, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1998

Rösel, H.

Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland 1997 – das Jahr der Vernunft?

Jahrbuch der Atomwirtschaft 1998, S. 74–79

KTA-Geschäftsstelle

KTA-Jahresbericht 1997/1998 (1. Juli 1997 bis 30. Juni 1998). ISSN 0942-5969

KTA-Handbuch. Austausch- und Ergänzungsblätter, Stand: Juni 1998

KTA-Regeln und -Regelentwürfe und KTA-Regelübersetzungen, siehe Kapitel „Die KTA-Geschäftsstelle“

Bartonicek, J.; Zaiss, W.; Bath, H.-R.

Betriebsüberwachung und wiederkehrende Prüfungen in den Regelwerken.

In:

24. MPA-Seminar, Stuttgart, 8. und 9. Oktober 1998, Seminarband

Guglhör, P.; Sackmann, S.

Das Strahlenschutzkonzept des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) in seinem Regelwerk.

In:

Neue Entwicklungen im Strahlenschutz, Seminar '98, München, 25. und 26. Juni 1998, Seminarband

Fachbereich Strahlenhygiene Institut für Strahlenhygiene

Nachträge 1997:

Dalheimer, A.; Kaul, A.; König, K.; Noßke, D.

Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen. Teil I: Rechtliche Regelungen und Meßverfahren.

StrahlenschutzPraxis 3 (1997) 4, S. 57–63

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

Gerken, M.; Peter, J.; Kreienbrock, L.
Kontinuierliche Messungen der gleichgewicht-
säquivalenten Radonkonzentration und passive
Radonmessungen in Wohnungen der Ober-
pfalz.
GSF-Bericht 28/97, Neuherberg (1997)

Weller, E. M.; Hain, J.; Jung, T.; Kinder, R.; Köf-
ferlein, M.; Burkart, W.; Nüsse, M.
Flow cytometric analysis in human keratinocy-
tes.
Journal of Experimental Dermatology 6, 1997,
S. 329–336

Weiss, W.; Höbler, C.; Leeb, H.; Wirth, E.
Status and Perspectives of the Surveillance of
Artificial Radioactivity in the Environment in
Europe and of the International Exchange of
Radiological Data.
Radiation Protection and Environment, 20,
1997, S. 119–126

Publikationen:

Adam, L. E.; Watson, C. C.; Brix, G.; Lorenz, W. J.
Einfache Bestimmung der unteren Energie-
schwelle eines PET-Scanners.
Nuklearmedizin 37: A76 (1998)

Aumann, S.; Schreiber, W.; Stritzke, P.; Brix, G.
Entfaltung von Konzentrations-Zeit-Kurven aus
dynamischen MR-Messungen mit der arteriellen
Input-Funktion: Ein Methodenvergleich.
In:
Voigtmann, L.; Geyer, P. (Hrsg.)
Medizinische Physik 98. Dresden: DGMP,
(1998), S. 323–324

Bährle, H.; Dalheimer, A.; Janett, A.; Neudert, N.
Leitfaden zur Zertifizierung und Akkreditierung
im Strahlenschutz.
Fortschritte im Strahlenschutz, Fachverband für
Strahlenschutz e. V., FS-98-96-AKP, 01. 1998

Bauchinger, M.; Salassidis, K.; Braselmann, H.;
Vouilova, A.; Pressl, S.; Stephan, G.; Snigiyova,
G.; Kozheurov, V. P.; Aleyev, A.
FISH-based analysis of stable translocations in
a Tcha River population.
Int. J. Radiat. Biol. 73, (1998), S. 605–612

Bauer, B.; Corbett, R. H.; Moores, B. M.; Schi-
billa, H.; Teunen, D. (Editors)
Reference doses and quality in medical ima-
ging; what the referring practitioner and direc-
ting medical staff should know.
Proceedings of a workshop in Luxembourg
23.–25. Oktober 1997.
Radiation Protection Dosimetry, Vol. 80, Nos
1–3 (1998)

Bauer, B.; Hähnel, S. (Redaktion)
Grundsätze für die Anwendung radioaktiver
Stoffe oder ionisierender Strahlen am Men-
schen in der medizinischen Forschung (Grund-
sätze nach § 41 StrlSchV): Stellungnahme der
Strahlenschutzkommission.
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit (Hrsg.);
Berichte der Strahlenschutzkommission, Heft
15; Gustav Fischer Verlag Stuttgart, Jena,
Lübeck (1998)

Bauer, B.; Schwarz, E. R.
Ionisierende Strahlung und radioaktive Stoffe
als diagnostisches und therapeutisches Instru-
mentarium in der Medizin.
Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Band 16,
Heft 1 1997 (erschienen 1998)

Bayer, A.
10. Fachgespräch zur Überwachung der Um-
weltradioaktivität (Tagungsbericht).
Strahlenschutzpraxis 4 (1998) 4, S. 58–59

Bayer, A.
Das 10. Fachgespräch zur Überwachung der
Umweltradioaktivität – ein Resümee.
In:
BMU (Hrsg.)
10. Fachgespräch zur Überwachung der
Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April
1998; Bonn (1998)

Bayer, A.
Definition von Dosen und Festlegung von
Dosisgrenzwerten – Ein kurzer historischer
Abriss.
Vortragsskriptum; Kurs „Offene radioaktive
Stoffe“; Forschungszentrum Karlsruhe (1998)

Bayer, A.
Monitoring of Radioactive Contamination and
Radiation Exposure in the Environment in Ger-
many.
Health Physics, Vol. 74 Suppl., 61 (1998)

Bayer, A.
The Monitoring of Radioactive Contamination
and Radiation Exposure in the Environment in
Germany – Tasks, Techniques, Realizations.
Radiation Protection and Environment 21,
(1998), 2, S. 67–82

Bayer, A.
Überwachung der radioaktiven Kontamination
und der Strahlenexposition der Umwelt in
Deutschland.
Vortragsskriptum, Kurs des Bundesministeri-
ums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
(BML) „Im Krisenfall nach ABC-Ereignissen
wahrzunehmende Aufgaben im Ernährungs-,
Landwirtschafts- und Veterinärbereich“, Sont-
hofen (1998)

Bayer, A.
Überwachung der radioaktiven Kontamination
und der Strahlenexposition der Umwelt in
Deutschland.
Vortragsskriptum, Fachseminar Strahlenschutz
für Mitarbeiter der atomrechtlichen Behörden
des Freistaates Sachsen, Dresden (1998)

Bayer, A.; Bleher, M.; Hornung, L.; König, K.;
Stapel, R.
Prognoserechnungen und Kontaminationsmes-
sungen – Stufen zur Ermittlung der Strahlenex-
position des Menschen über den Ingestions-
pfad.
Kerntechnik 36, (1998), S. 286–293

Bayer, A.; Hornung, L.; König, K.; Stapel, R.
Erzeugermessung, Marktmessung, Gesamt-
nahrungsmessung, Ganzkörpermessung – Stu-
fen zur Ermittlung der Strahlenexposition des
Menschen über den Ingestionspfad.
In:
Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)
Radioaktivität in Mensch und Umwelt
30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strah-
lenschutz, Lindau 1998, Bericht FS-98-98-T
(1998)

Bellemann, M. E.; Brix, G.; Gerlach, J.; Blatter,
J.; Morr, I.; Haberkorn, U.
Chemotherapie-Verlaufskontrolle mit PET und
2-[¹⁸F]Fluor-2-Desoxyglukose: Wertigkeit der
pharmakokinetischen Analyse.
Fortschr. Röntgenstr. 168 (Suppl): (1998),
S. 201

Bellemann, M. E.; Brix, G.; Gerlach, L.; Morr, I.;
Blatter, J.; Haberkorn, U.
Kinetische Analyse dynamischer [¹⁸F]FDG-PET-
Daten zum Chemotherapiemonitoring.
Nuklearmedizin 37: A69 (1998)

Bellemann, M. E.; Brix, G.; Gerlach, L.; Morr, I.;
Trojan, H.; Haberkorn, U.
Pharmakokinetische Analyse dynamischer
PET-Daten zum Genteraphie-Monitoring.
In:
Voigtmann, L.; Geyer, P. (Hrsg.)
Medizinische Physik 98. Dresden: DGMP,
(1998), S. 183–184

Bellemann, M. E.; Brix, G.; Gerlach, L.; Ober-
dorfer, F.; Haberkorn, U.
Nichtinvasive Messung des Aminosäuretran-
sports mit der Positronen-Emissions-Tomogra-
phie.
In:
Voigtmann, L.; Geyer, P. (Hrsg.)
Medizinische Physik 98. Dresden: DGMP,
(1998), S. 181–182

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

Bellemann, M. E.; Haberkorn, U.; Gerlach, L.; Oberdorfer, F.; Brix, G.

Pharmakokinetische Modellierung des neutralen Aminosäuretransports.

Nuklearmedizin 37: A49 (1998)

Bellemann, M. E.; Haberkorn, U.; Gerlach, L.; Oberdorfer, F.; Brix, G.

Nichtinvasive Messung des neutralen Aminosäuretransports: PET mit der synthetischen Aminosäure α -(N-[1-¹¹C]Acetyl)-Aminobuttersäure.

Fortschr. Röntgenstr. 168 (Suppl), (1998), S. 201

Bernhardt, J. H.

The New ICNIRP-Guideline – scientific background and basic steps for an International Harmonization.

Proceedings of an International Seminar on Electromagnetic Fields – Global Need for Standards Harmonization.

Eds: P. Gajsek & D. Miklavcic, Ljubljana, Institute of Public Health of Republic of Slovenia, ISBN 961-90212-1-5, S. B-1-B-6, 1998

Bernhardt, J. H.

Criteria for the development of international standards.

In: International Symposium on possible health effects of electromagnetic fields. Meeting, jointly organized by WHO and the Russian Academy of Medical Sciences (RAMS), May 18–22, (1998), Moscow. Abstract book, S. 10, 1998.

Bernhardt, J. H.

Elektrische und magnetische Felder.

In:

Mersch-Sundermann, V. (Hrsg.)

Umweltmedizin – Ökologische Medizin S. 118–126, Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York, Im Druck, 1998

Bernhardt, J. H.

Gesundheitliche Aspekte des Mobilfunks. Deutsches Ärzteblatt, Dezember 1998, Im Druck

Bernhardt, J. H.

Hochfrequente elektromagnetische Felder einschließlich Mikrowellen.

In:

Mersch-Sundermann, V. (Hrsg.)

Umweltmedizin – Ökologische Medizin S. 127–140, Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York, Im Druck, 1998

Bernhardt, J. H.

Licht, Infrarot und UV-Strahlung.

In:

Mersch-Sundermann, V. (Hrsg.)

Umweltmedizin – Ökologische Medizin S. 106–117, Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York, Im Druck, 1998

Bernhardt, J. H.

Mobilfunk – Gefährlich? Pro und Contra. Ökologie Politik 87 (11), (1998), S. 22

Bernhardt, J. H.

New ICNIRP Guidelines on Limiting Exposure to Electromagnetic Fields and Consequences for Aircrews.

In:

Cosmic Radiation, Electromagnetic Fields and Health Among Aircrews

Proceedings of an International Workshop, February 7–9, 1998, Charleston, South Carolina, USA, Medical University of South Carolina, (1998), S. 29–31

Bernhardt, J. H.

Risiken und epidemiologische Studien zur Wirkung elektromagnetischer Felder.

In:

Oser, W.; Reinert, C.; Messerschmidt, O. (Hrsg.)

Strahlenschutz in Forschung und Praxis, Bd. 41: Einfluß moderner bildgebender Technologien auf die Strahlenexposition von Arzt und Personal. Gustav-Fischer-Verlag Stuttgart, 1–8, 1998

Bernhardt, J. H.

The new ICNIRP Guidelines for limiting EMF exposure.

20th Annual Meeting of the Bioelectromagnetic Society (BEMS), June 7–11, 1998, St. Pete Beach, FL, USA, BEMS Abstract Book, (1998), S. 32

Bernhardt, J. H.; Vogel, E.

Vermeidung gesundheitlicher Risiken bei Anwendung magnetischer Resonanzverfahren. Die Empfehlung der Strahlenschutzkommission.

Der Radiologe, 38(9), (1998), S. 737–742

Beyer, D.; Dalheimer, A.; Riedel, W.; Neudert, N.
Die Bedeutung der natürlichen Ausscheidung bei der Inkorporationsüberwachung auf U-238, Th-232, Sr-90 und Ra-226,

In:

Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)

Radioaktivität in Mensch und Umwelt, Band I, Verlag TÜV Rheinland GmbH, (1998), S. 210–215

Beyer, D.; Dalheimer, A. R.; Günther, E. W.; Henrichs, K.

Monitoring by excretion analysis: Results of interlaboratory comparisons, Radiation Protection Dosimetry, vol. 79 (1–4), (1998), S. 513–516

Blettner, M.; Grosche, B.; Zeeb, H.

Occupational cancer risk in pilots and flight attendants: current epidemiological knowledge. Radiat Environ Biophys 37, (1998), S. 75–80

Bohris, C.; Klingenberg, M.; Niemz, M. H.; Wallwiener, D.; Bader, R.; Brix, G.

MR-Temperaturmonitoring während laserinduzierter interstitieller Thermographie (LITT).

In:

Voigtmann, L.; Geyer, P. (Hrsg.), Medizinische Physik 98. Dresden: DGMP, (1998), S. 295–296

Bohris, C.; Klingenberg, M.; Schreiber, W. G.; Niemz, M. H.; Simiantonakis, I.; Wallwiener, D.; Bader, R.; Brix, G.

Quantitative MR-Temperature Monitoring During Laser-Induced Interstitial Thermotherapy (LITT). Proceedings of the ISMRM, Vol 3: (1998), S. 2001

Bohris, C.; Schreiber, W. G.; Jenne, J.; Klingenberg, M.; Rastert, R.; Wallwiener, D.; Debus, J.; Bader, R.; Brix, G.

Quantitatives MR-Temperaturmonitoring mit einer schnellen T1-gewichteten Sequenz. Fortschr. Röntgenstr. 168 (Suppl): (1998), S. 148

Brix, G.; Bahner, M. L.; Hoffmann, U.; Horvath, A.; Schreiber, W.

Quantitative Beurteilung der Mikrozirkulation in Tumoren mit der dynamischen Computertomographie.

In:

Voigtmann L.; Geyer P. (Hrsg.)

Medizinische Physik 98. Dresden: DGMP, (1998), S. 19–20

Brix, G.; Bellemann, M. E.; Gerlach, L.; Haberkorn, U.

Direkter Nachweis der intratumoralen Retention von 5-Fluoruracil mit der metabolischen ¹⁹F-MRT.

Fortschr. Röntgenstr. 168 (Suppl): (1998), S. 226

Brix, G.; Bellemann, M. E.; Gerlach, L.; Haberkorn, U.

Intra- and Extracellular 5-Fluorouracil Uptake: Assessment by Contrast-Enhanced Metabolic ¹⁹F MR Imaging.

Radiology, 209, (1998), S. 259–267

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

Brix, G.; Bellemann, M. E.; Gerlach, L.; Haberkorn, U.

Tierexperimentelle Untersuchungen zur Retention von 5-Fluoruracil in Tumoren mit der ^{19}F -MR-Bildgebung.

In:

Voigtmann, L.; Geyer, P. (Hrsg.)

Medizinische Physik 98. Dresden: DGMP, (1998), S. 347–348

Brix, G.; Bellemann, U.; Gerlach, L.; Haberkorn, U. Assessment of the Intra- and Extracellular 5-Fluorouracil Uptake in Rats with Morris Hepatoma by Means of Contrast-Enhanced Metabolic ^{19}F MR Imaging.

Proceedings of the ISMRM, Vol 3: (1998), S. 1676

Brix, G.; Zaers, J.; Trojan, H.; Lucht, R.; Knopp, M. V.; Haberkorn, U.

Funktionelle Mammadiagnostik: Korrelation von optimierten 3D-PET-Aufnahmen mit dynamischen MR-Mammographien.

In:

Voigtmann, L.; Geyer, P. (Hrsg.)

Medizinische Physik 98. Dresden: DGMP, (1998), S. 185–186

Brix, G.; Zaers, J.; Trojan, H.; Schmidlin, P.; Knopp, M.; Haberkorn, U.

Mamma-Diagnostik mit PET: Optimierung der Messung und Datenverarbeitung. Nuklearmedizin 37: A 70 (1998)

Brix, G.; Bellemann, M. E.; Gerlach, L.; Haberkorn, U.

Kompartimentspezifische Analyse der 5-Fluoruracil-Verteilung mit der ^{19}F -MRT. Nuklearmedizin 37: A 18 (1998)

Brix, J.; Matthes, R.; Scheel, O.; Wettemann, H. Erfassung der niederfrequenten magnetischen Exposition der Bürger in Bayern Umwelt und Entwicklung Bayern, Materialien Nr. 134, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 1998

Burkart, W.

Forcing a link?

Radiat Environ Biophys., Springer Verlag, 37, (1998), S. 69–70

Burkart, W.

Gesundheitliche Belastung durch Kernenergienutzung.

In:

Barz; Hülster; Kraemer; Ströbele (Hrsg.)

Energie und Umwelt, Strategien einer nachhaltigen Entwicklung, 7. Sommersymposium des Zentrums für Umweltforschung. Münster, eco-med, Landsberg, (1998), S. 159–170

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.586, 4th Draft) (1998)

Burkart, W.; Jung, T.

Health risks from combined exposures: mechanistic considerations on deviations from additivity

Mutation Research 411(2), (1998), S.119–128

Burkart, W.; Schneider, G.

Strahlenquellen – Strahlenbiologie.

In:

Das Grüne Gehirn: Der Arzt des öffentlichen Gesundheitswesens. Verlag R. S. Schulz, Starnberg (1998)

Crompton, N.E.A.; Sigg, M.; Burkart, W.

Enhanced transformation in an inhomogeneous radiation field: An effect of exposure to supralethally damaged cells. Radiat. Res. 149, (1998), S. 651–653

Dalheimer, A.; Beyer, D.; Biehl, R.; Neudert, N. Qualitätssicherung in der Ausscheidungsanalytik.

In:

Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)

Radioaktivität in Mensch und Umwelt, Band I, Verlag TÜV Rheinland GmbH, (1998), S. 346–351

Dalheimer, A.; Kaul, A.; König, A.; Noßke, D.

Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen. Teil II: Biokinetische und dosimetrische Modelle.

Strahlenschutzpraxis 4 (1998) 1, S. 47–53

Dalheimer, A.; Henrichs, K.

Erste Erfahrungen mit den drei Richtlinien zur Inkorporationsüberwachung.

In:

Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)

Radioaktivität in Mensch und Umwelt, Band I, Verlag TÜV Rheinland GmbH, (1998), S. 21–26

Doll, J.; Bahner, M. L.; Brix, G.

Lassen sich Metallartefakte in der CT durch die Anwendung iterativer Rekonstruktionsverfahren verringern?

Fortschr. Röntgenstr. 168 (Suppl), (1998), S 96

Doll, J.; Zaers, J.; Trojan, H.; Bellemann, M. E.; Adam, L. E.; Haberkorn, U.; Brix, G.

Optimierung der Bildqualität von PET-Aufnahmen durch 3D-Datenakquisition und iterative Bildrekonstruktion.

Nuklearmedizin, 37, (1998), S. 62–67

Doll, J.; Zaers, J.; Trojan, H.; Bellemann, M. E.; Brix, G.

Simulationsrechnungen zur Optimierung der abschwächungskorrektur in der Positronen-Emissions-Tomographie (PET).

In:

Voigtmann, L.; Geyer, P. (Hrsg.)

Medizinische Physik 98. Dresden: DGMP, (1998), S. 169–170

Doll, J.; Zaers, J.; Trojan, H.; Bellemann, M. E.; Brix, G.

Hochauflösende iterative Bildrekonstruktion in der 3D-Positronen-Emissions-Tomographie.

In:

Voigtmann, L.; Geyer, P. (Hrsg.)

Medizinische Physik 98. Dresden: DGMP, (1998), S. 167–168

Donhär, W.; Elhofer, I.; Weide, P.; Schubert, U. Elemental Silicon and solid SiO give the same products as SiO₂ upon reaction with alkali-metal glycolates.

J. Chem. Soc., Dalton Trans., (1998), S. 2445–2446

Frasch, G.; Kragh, P.

Personenidentifikation im Strahlenschutzregister.

StrahlenschutzPraxis, 2 (1998), S. 20–22

Gilby, D.; Gribi, P.; Noßke, D.

Quantifying the reliability of calculated ingestion dose coefficients

Radiat. Prot. Dosim. 79, (1998), S. 283–286

Grosche, B.

Reply to the Letter to the Editor by Scherb et al.: Comments on perinatal mortality in Bavaria, Germany, after the Chernobyl accident. Radiat Environ Biophys 36, (1998), S. 299

Grosche, B.; Henrichs, K.

Thoriumbelastung der Allgemeinbevölkerung in Deutschland: Gegenwärtiger Kenntnisstand und geplante Aktivitäten.

In:

Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)

Radioaktivität in Mensch und Umwelt, 30. Jahrestagung des Fachverbands für Strahlenschutz, Lindau, 28. 9.–2. 10. 1998, Köln: TÜV Verlag, (1998), S. 205–209

Grosche, B.; Burkart, W.; Bröske-Hohlfeld, I.; Wichmann, H. E.

Lung Cancer Risk among former uranium miners of the „Wismut“ in Thuringia and Saxony. Radon Statusgespräch, Neuherberg, 18.–19. Mai 1998, Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: Gustav Fischer, S. 137–144

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

Haberkorn, U.; Bellemann, M.E.; Gerlach, L.; Morr, I.; Trojan, H.; Brix, G.; Altmann, A.; Doll, J.; van Kaick, G.

Uncoupling of 2-Fluoro-2-Deoxyglucose Transport and Phosphorylation in Rat Hepatoma during Gene Therapy with HSV Thymidine Kinase.

Gene Ther, 5, (1998), S. 880–887

Hawighorst, H.; Knapstein, P. G.; Knopp, M. V.; Weikel, W.; Brix, G.; Zuna, I.; Schönberg, S. O.; Essig, M.; Vaupel, P.; van Kaick, G.

Uterine Cervical Carcinoma: Comparison of Standard and Pharmacokinetic Analysis of Time-Intensity Curves for Assessment of Tumor Angiogenesis and Patient Survival.

Cancer Res, 58, (1998), S. 3598–3602

Hawighorst, H.; Knapstein, P.G.; Knopp, M. V.; Weikel, W.; Schaeffer, U.; Zuna, I.; Schönberg, S.O.; Essig, M.; Hoffmann, U.; Brix, G.; van Kaick, G.

Angiogenese des Zervixkarzinoms: Kontrastverstärkte dynamische MRT, histologische Quantifizierung der Kapillardichte und Lymphsysteminfiltration.

Radiologe, 38, (1998), S. 50–57

Hawighorst, H.; Knopp, M. V.; Knapstein, P. G.; Brix, G.; deVries, A.; Griebel, J.; Schönberg, S. O.; van Kaick, G.

Cervical Carcinoma: Can Contrast-enhanced Semiquantitative and Quantitative MR Imaging Assess Histomorphometrically Determined Tumor Angiogenesis and Patient Survival?

Proceedings of the ISMRM, Vol 1, (1998), S. 484

Hoffmann U., Scharf J., Horvath A. S., Brix, G.

Characterization of Hepatic Blood Supply by Means of Dynamic MRI.

Proceedings of the ISMRM, Vol 3, (1998), S. 179

Hoffmann, U.; Scharf, J.; Lucht, R.; Brix, G.

Charakterisierung der Blutversorgung und der Perfusionsrate der Leber mit Hilfe der dynamischen MRT.

Fortschr. Röntgenstr. 168 (Suppl), (1998), S. 203

Hornung-Lauxmann, L.; Sammet, S.

Entwicklung eines technischen Verfahrens zur Bereitstellung von REI-Daten in IMIS.

In: BMU (Hrsg.)

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998; Bonn (1998)

Horvath, A. S.; Schreiber, W. G.; Knopp, M. V.; Brix, G.

Simulationsrechnungen zur Quantifizierung der Perfusionsrate und der Gefäßpermeabilität aus dynamischen T1-gewichteten MR-Bildern mit einem pharmakokinetischen Modell.

Fortschr. Röntgenstr. 168 (Suppl), (1998), S. 220

Horvath, A. S.; Schreiber, W.; Hoffmann, U.; Knopp, M. V.; Hawighorst, H.; Brix, G.

A Pharmacokinetic Model for Quantification of the Perfusion Rate and Capillary Permeability from Dynamic T1-weighted MR Images.

Proceedings of the ISMRM, Vol 1, (1998), S. 178

Horvath, A.; Schreiber, W.; Lucht, R.; Knopp, M. V.; Brix, G.

Dynamische MR-Mammographie: Charakterisierung von Signal-Zeit-Kurven mit einem Perfusions-Permeabilitäts-Modell.

In:

Voigtmann, L.; Geyer, P. (Hrsg.)

Medizinische Physik 98. Dresden: DGMP, (1998), S. 307–308

Hunt, E. L.; Thieme, M.; König, K.; Schmitt-Hannig, A.; Gödde, R.; Rühm, W.

Extracts from the 1995/96 European Intercomparison of in vivo Monitoring Systems – a Means of Comparing the Performance of NaI Detectors with Ge Detectors ?

Arbeitstagung Hochauflösende Gammaskpektrometrie an Ganz- und Teilkörperzählern, 5.–6. 12. 1996, Dresden/Rosendorf

Iwatschenko, M.; Lux, D.; Steinkopff, T.; Wershofen, H.; Winkler, R.

„Heiße Teilchen“: Kleine Ursache – große Wirkung?

StrahlenschutzPraxis 4 (1998) 2, S. 35–39

Jägel, M.; Adam, L. E.; Bellemann, M.E.; Zaers, J.; Trojan, H.; Rauschnabel, K.; Brix, G.

Untersuchung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses an einem modernen PET-System: Messungen am EEC-Ganzkörperphantom.

Nuklearmedizin, 37, (1998), S. 171–176

Jung, T.; Schopka, H. J.

Überlegungen zur individuellen Strahlenempfindlichkeit bei Strahlenexponierten und Tomorpatienten

In:

Voigtmann, L.; Geyer, P. (Hrsg.):

29. Wissenschaftliche Tagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, Dresden, 10.–17. Oktober 1998; Medizinische Physik 1998 DGMP, ISBN 3-925218-63-7 (1998) S. 1–3

Kissel, J.; Port, R. E.; Zaers, J.; Bellemann, M. E.; Strauss L. G., Haberkorn, U.; Brix, G.

Bestimmung der arteriellen Inputfunktion von 5-Fluoruracil mit dem Populationsansatz.

Nuklearmedizin 37: (1998), A 18

Knopp, M. V.; Junkermann, H.; Hoffmann, U.; Zabel, S.; Juschka, U.; Radeleff, J.; Sinn, H. P.; Brix, G.; van Kaick, G.

Pharmacokinetic Analysis of Contrast Enhancement in Breast Lesions.

Proceedings of the ISMRM, Vol 2, (1998), S. 935

Knopp, M. V.; Metzner, R.; Brix, G.; van Kaick, G.

Sicherheitsaspekte zur Vermeidung strominduzierter Hautverbrennungen in der MRT.

Radiologe, 38, (1998), S. 759–763

Knopp, M. V.; Obier, C.; Zuna, I.; Junkermann, H.; Heß, T.; Junkermann, I.; Brix, G., van Kaick G.

Multi-Reader-Analyse zur Beurteilung der funktionellen MR-Mammographie.

Radiologe, 38, (1998), S. 307–314

König K.; Wahl, W.; Rühm, W.; Burkart, W.

Direct beta measurements to determine in vivo whole-body activities of ⁹⁰Sr in residents of the Southern Urals: description of a new method.

Radiat Environ Biophys 37, (1998), S. 19–25

König, K.; Rühm, W.

Ganzkörperaktivität nach dem Verzehr von Waldpilzen mit Cs-137 aus dem Tschernobyl-Fallout.

In:

BMU (Hrsg.)

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998, Bonn

König, K.; Wahl, W.; Rühm, W.; Burkart, W.

Direct beta measurements to determine in vivo whole-body activities of ⁹⁰Sr in residents of the Southern Urals: description of a new method.

Radiat. Environ. Biophys. 37, (1998), S. 19–25

König, K.; Meier, S.; Brose, J.

Ringversuch im Jahr 1997 an Ganz- und Teilkörpermeßanlagen in Deutschland.

In:

Radioaktivität in Mensch und Umwelt, 30. Jahrestagung des Fachverbandes für Umweltschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau im Bodensee, 28. 09.–02. 10. 98, (1998), S. 340–345

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

Korn, H.; Bittner, S.; Strilek, I.; Zindler, H.
The German Guide for Selecting Protective Measures.
Proceedings of the International Radiological Post-Emergency Response Issues Conference, Washington, D.C., 9. bis 11. September 1998, S. 257–261

Krafczyk, S.; Bötzel, K.; Schulze, S.; Haberhauer, P.; Mai, N.; Brix, J.; Scheel, O.; Matthes, R.
Messungen des Einflusses gepulster Mikrowellen auf die Hirnstromaktivität des Menschen. Umwelt und Entwicklung Bayern, Materialien Nr. 140, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen 1998

Kuchaida, D.; Schütz, R.; Wahl, W.; König, K.
Am-241 Messungen am low level Inkorporationsmonitor der GSF
In:
Radioaktivität in Mensch und Umwelt, 30. Jahrestagung des Fachverbandes für Umweltschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau im Bodensee, 28. 09.–02. 10. 98, (1998), S. 46–50

Leeb, H.; Weiss, W.; Wirth, E.
EDV in der Überwachung der Umweltradioaktivität in Deutschland.
StrahlenschutzPraxis, TÜV-Verlag, Köln, 4 (1998) 2

Lucht, R.; Knopp, M. V.; Brix, G.
Elastic Matching of Dynamic MR Image Data Sets of the Female Breast.
Proceedings of the ISMRM, Vol 2, (1998), S. 940

Lucht, R.; Knopp, M. V.; Brix, G.
Elastisches Matching dynamischer MR-Mammographien.
Fortschr. Röntgenstr. 168 (Suppl), (1998), S. 110

Lucht, R.; Knopp, M. V.; Brix, G.
Entwicklung eines elastischen Matching-Algorithmus für die dynamische MR-Mammographie.
In:
Voigtmann, L.; Geyer, P. (Hrsg.)
Medizinische Physik 98. Dresden: DGMP, (1998), S. 207–208

Martens, R.; Thielen, H.; Sperling, T.; Maßmeyer, K.; Walter, H.
Validation of a mass consistent flow model as part of a decision support system.
Proceedings of the 5th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 18.–21. 5. 1998, Rodos, Griechenland

Métivier, H.; Burkart, W.; Ilari, O.; Lazo, E.; Metalli, P.; Mossman, K. L.; Paretzke, H.
1998. Developments in Radiation Health Sciences and their Impact on Radiation Protection. Report of the WG Science and Technology Affecting Radiation Protection, Sub-group on Rad. Health Sci., OECD/NEA, Paris, (1998), pp35

Nicholas, J. S.; Lackland, D. T.; Butler, G. C.; Mohr, L. C.; Dunbar, J. B.; Kaune, W. T.; Grosche, B.; Hoel, D. G.
Cosmic radiation and magnetic field exposure to airline flight crews.
Am J Ind Med 34, (1998), S. 574–580

Nicholas, J. S.; Lackland, D. T.; Dosemeci, M.; Mohr, L. C.; Dunbar, J. B.; Grosche, B.; Hoel, D. G.
Mortality among US commercial pilots and navigators.
JOEM 40, (1998), S. 980–985

Niedermayer, M.; Guggenberger, R.; Heide, L.; Dalheimer, A.
Kalibrierung eines TL-Messplatzes für die Dosisrekonstruktion mittels Umgebungsmaterialien,
In:
Radioaktivität in Mensch und Umwelt, Band II, Eds.: M. Winter, K. Henrichs, H. Doerfel, Verlag TÜV Rheinland GmbH, S. 701–706 (1998)

Noßke, D.
Modelle der ICRP für die interne Dosimetrie – Stand und Perspektiven.
In:
Winter, M., Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)
Radioaktivität in Mensch und Umwelt, Fachverband für Strahlenschutz e.V. FS98-98-T, (1998), S. 253–259

Noßke, D.; Rühm, W.; Karcher, K.
Individual dose assessment of workers.
Radiat. Prot. Dosim. 79, (1998), S. 83–86

Oestreicher, U.; Schwarz, E. R.; Burkart, W.
Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen. In: 11. Medizinische A-Schutz-Tagung, Sanitätsakademie, München, März 97 (Kaffenberger, Hg.) (1998)

Popp, C.; Zaers, J.; Bürkelbach, J.; Brix, G.
Qualitätskontrolle nach den EUREF-Richtlinien: Erfahrungen an einem direktvergrößernden Mammographiegerät.
In:
Voigtmann, L.; Geyer, P. (Hrsg.)
Medizinische Physik 98. Dresden: DGMP, (1998), S. 15–16

Poschner, J.
Herleitung von Freigabewerten zur konventionellen Entsorgung schwach radioaktiv kontaminierter Abfälle – Diskussion der Modelle und bedeutsamer Parameter.
In:
Tagungsband des Symposiums des TÜV-Nord: Freigabe radioaktiver Stoffe aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes, (1998), S. 23–34

Pressl, S.; Stephan, G.
Chromosome translocations detected by fluorescence in situ hybridisation (FISH) – a useful tool in population monitoring?
Toxicology Letters, 96, 97, (1998), S. 189–194 xx

Rühm, W.; König, K.; Noßke, D.
A partial body counter for incorporated low level actinides.
Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 226, Nos 1–2, 1997, S. 85–91

Rühm, W.; Steiner, M.; Kammerer, L.; Hiersche, L.; Wirth, E.
Estimating future radiocaesium contamination of fungi on the basis of behaviour patterns derived from past instances of contamination.
Journal of Environmental Radioactivity 39, (1998), S. 129–147

Rühm, W.; König, K.; Malatova, I.; Doerfel, H.; Foltanova, S.; Sahre, P.; Schütz, R.; Wahl, W.
Intercomparison Exercise for the Determination of Am-241 in the Human Skeleton.
Radiation Protection Dosimetry, Vol 79, Nos 1–4, (1998), S. 517–521

Salassidis, K.; Braselmann, H.; Okladnikova, N. D.; Pressl, S.; Stephan, G.; Snigiryova, G.; Bauchinger, M.
Analysis of symmetrical translocations for retrospective biodosimetry in radiation workers of the Mayak nuclear-industrial complex (Southern Urals) using FISH-chromosome painting.
Int. J. Radiat. Biol. 74, (1998), S. 431–439

Schaller, G.; Bleher, M.; Poschner, J.
Transport von Radionukliden in Deponien und im Grundwasser.
In:
Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 88, (1998), S. 375–378

Scheck, R. J.; Coppenrath, E. M.; Kellner, M. W.; Lehmann, K. H.; Mayer, M.; Rock, C.; Rieger, J.; Rothmeier, L.; Schweden, F.; Sozianski, L.; Bäuml, A.; Hahn, K.
Dosismessung für Einzelschicht- und Spiralmodus bei 8 Spiral-CT-Scannern der neuesten Generation.
Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren Bd. 168, (1998), S. 562–566

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

- Scheck, R. J.; Coppenrath, E. M.; Kellner, M. W.; Lehmann, K. J.; Rock, C.; Rieger, J.; Rothmeier, L.; Schweden, F.; Bäuml, A.; Hahn, K.
Radiation dose and image quality in spiral computed tomography: multicenter evaluation at six institutions.
British Journal of Radiology, Vol.71, (1998), S.734–744
- Schmidlin, P.; Brix, G.; Bellemann, M. E.; Lorenz, W. J.
Computation of High Overrelaxation Parameters in Iterative Image Reconstruction.
IEEE Trans Nucl Sci, 45, (1998), S. 1737–1742
- Schmidlin, P.; Zaers, J.; Brix, G.
Einfluß der Bildstruktur auf die Konvergenz der iterativen Bildrekonstruktion.
In:
Voigtmann, L.; Geyer, P. (Hrsg.)
Medizinische Physik 98. Dresden: DGMP, (1998), S. 163–164
- Schmitt-Hannig, A.
The Importance of Research for the Regulatory Framework of Radiation Protection.
Proceedings of the Int. Conf. on Topical Issues in Nuclear, Radiation and Radioactive Waste Safety, IAEA, 31. 8.–4. 9. 1998, Wien
- Schneider, G.; Burkart W.
Gesundheitliche Risiken ionisierender Strahlung.
Der Radiologe 38, (1998), S. 719–725
- Schopka, H. J.; Brachner, A.; Burkart, W.; Grosche, B.; Kreuzer, M.; Martignoni, K.
Die deutsche Uranbergarbeiterstudie
StrahlenschutzPraxis, 4 (1998) 4, S. 34–38
- Schreiber, W.; Gückel, F.; Brix, G.; Stritzke, P.; Schmiedek, P.; Schwarz, A.; Lorenz, W. J.
Bildpunktweise Quantifizierung der zerebrovaskulären Reservekapazität mittels der dynamischen MRT.
Fortschr. Röntgenstr. 168 (Suppl), (1998), S. 14
- Schreiber, W.; Gückel, F.; Stritzke, P.; Schmiedek, P.; Schwarz, A.; Brix, G.
Cerebral Blood Flow and Cerebrovascular Reserve Capacity: Estimation by Dynamic Magnetic Resonance Imaging.
J Cereb Blood Flow Metab, 18, (1998), S. 1143–1156
- Schreiber, W. G.; Essig, M.; Gückel, F.; Stritzke, P.; Knopp, M. V.; Brix, G.; Thelen, M.
Absolute Quantification of Cerebral Blood Flow from Susceptibility-Contrast Enhanced Dynamic Echo-Planar Imaging: A Volunteer Study.
Proceedings of the ISMRM, Vol 2, (1998), S. 1209
- Schulz, O.; Vogel, E.; Bernhardt, J. H.
Neue Entwicklungen der Hyperthermie.
Deutsches Ärzteblatt 95 (25), 19. Juni 1998, (1998), A1612–A1615
- Spitzer, M.; Kammer, T.; Bellemann, M. E.; Brix, G.; Layer, B.; Maier, S.; Kischka, U.; Gückel, F.
Funktionelle Magnetresonanztomographie in der psychopathologischen Forschung.
Forsch Neurol Psys, 66, (1998), S. 241–258
- Spitzer, M.; Kischka, U.; Gückel, F.; Bellemann, M.; Kammer, T.; Seyyedi, S.; Weisbrod, M.; Schwartz, A.; Brix, G.
Funktionaler Magnetresonanz Imaging of Category-Specific Cortical Activation: Evidence for Semantic Maps.
Cogn Brain Res, 6, (1998), S. 309–319
- Stapel, R.; Renaud, P.; Maubert, H.; Wirth, E.
Vergleich des deutschen Störfallmodells PARK mit dem französischen ASTRAL.
In:
BMU (Hrsg.)
10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998, Bonn, (1998), S. 293–297
- Steiner, M.; Burkart, W.; Grosche, B.; Kaletsch, U.; Michaelis, J.
Trends in infant leukaemia in West Germany in relation to in utero exposure due to the Chernobyl accident.
Radiat Environ Biophys., Springer Verlag, 37, (1998), S. 87–93
- Steiner, M.; Wirth, E.
Transfer von Radionukliden in die Muttermilch.
In:
Winter, M., Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)
Radioaktivität in Mensch und Umwelt, Publikationsreihe „Fortschritt im Strahlenschutz“, TÜV-Verlag Köln, (1998), S. 86–91
- Steinmetz, M.; Sandmann, H.; Wallasch, M.
Analysis by BfS/UBA.
In:
Seckmeyer, G.; Mayer, B.; Bernhard, G.
The 1997 Status of Solar UV Spectrometry in Germany: Results from the National Intercomparison of UV Spectrometers.
IFU-Schriftenreihe, Band 55-1998, ISBN 3-8265-3695-9 (1998)
- Steinmetz, M.
Tropensonne – wie gefährlich?
Apothekerjournal 20, Heft 5, (1998), S. 168–171
- Stephan, G.
Bedeutung der Chromosomenanalyse für den praktischen Strahlenschutz.
In:
- Hering, K.G., Reimers, C., Messerschmidt, O. (Hrsg.)
Aktuelle Fragen zu Strahlenschutzregelungen und individueller Strahlenempfindlichkeit, Strahlenschutz in Forschung und Praxis, Gustav Fischer Verlag, 40, (1998), S. 161–170
- Stephan, G.; Pressl, S.
Translocations detected by means of FISH technique in healthy donors and after exposure to low x-ray doses.
In:
Sharan, R. N. (ed.)
Trends in radiation and cancer biology, Schriften des Forschungszentrums Jülich Vol. 29, (1998), S. 22–28
- Thielen, H.; Martens, R.; Schnadt, H.; Maßmeyer, K.; Walter, H.
Further development of the French-German Model to calculate atmospheric dispersion following accidental releases from nuclear installations – Meteorological Preprocessor based on SODAR-data.
Proceedings of the 5th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 18.–21. Mai 1998, Rodos, Griechenland.
- Thieme, M.; Hunt, E. L.; König, K.; Schmitt-Hannig, A.; Gödde, R.
European Whole Body Counter Measurement Intercomparison.
Health Physics, 74, (1998), S. 465–471
- Thieme, M.; Hunt, E. L.; König, K.; Schmitt-Hannig, A.; Gödde, R.
European Whole Body Counter Measurement Intercomparison.
Health Physics 74(4), (1998), S. 465–471
- Vogel, E.; Schulz, D.; Bernhardt, J. H.
Krank durch Strom und Handy? Risikowahrnehmung und Grenzwertdiskussion. Mensch + Umwelt 12 (1998), S. 23–31
- Walter, H.
Modelle zur Beschreibung der Kurzausbreitung in der Atmosphäre und ihre Validierung: Ausbreitungsmodelle.
In:
Müller-Neumann, M. (Hrsg.)
Aktuelle radioökologische Fragen des Strahlenschutzes: Klausurtagung der Strahlenschutzkommission 12./13. 10. 1995, Stuttgart; Jena, Lübeck, Ulm: G.Fischer, 1998
- Walter, H.
Present state of using SODAR within the German Remote Monitoring System for Nuclear Facilities; Report from „Fachgespräch SODAR“ München.
Proceedings of the 9th International Symposium on Acoustic Remote Sensing and Associated Techniques of the Atmosphere and Oceans (ISARS), 6.–10. Juli 1998, Wien

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

Walter, H.; Martens, R.; Thielen, H.; Sperling, T.; Maßmeyer, K.

Concept of a model system for the computation of atmospheric dispersion close to real situations and the immediate assessment of the radiation exposure.

Proceedings of the 23rd International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, 29. September bis 2. Oktober 1998, Varna, Bulgarien

Walter, H.; Martens, R.; Thielen, H.; Sperling, T.; Maßmeyer, K.

Konzept einer Modellkette für die realitätsnahe Berechnung der atmosphärischen Ausbreitung und schnellen Abschätzung der Strahlenexposition im Bereich des KFÜ-Systems.

In:
BMU (Hrsg.)

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998; Bonn, (1998)

Wegmann, K.; Brix, G.; Zaers, J.; Adam, L. E.; Lorenz, W. J.

Beurteilung der Streustrahlung bei der Single-Photonen-Transmissionsmessung. Nuklearmedizin 37, (1998), A7

Wegmann, K.; Zaers, J.; Livieratos, L.; Adam, L. E.; Brix, G.

Vergleich von Single-Photonen-Transmissions-Messungen am ECAT EXACT HR+ + mit Monte-Carlo-Simulationen.

In:
Voigtmann, L.; Geyer, P.
Medizinische Physik, Dresden: DGMP, (1998), S. 173–174

Wirth, E.; Steiner, M.

Das Verhalten von Radionukliden in naturnahen Ökosystemen.

In:
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, (Hrsg.)

„Aktuelle radioökologische Fragen des Strahlenschutzes“, Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, (1998), S. 225–248

Zaers, J.; Doll, J.; Ostertag, H.; Bellemann, M. E.; Brix, G.

Improved Correction of Post-Injection Attenuation Data for PET Scanners Without Measured Random Correction. IEEE Trans Nucl Sci, 46, (1998), S. 1523–1527

Zaers, J.; Popp, C.; van Woudenberg, S.; Brix G. Qualitätssicherung in der Röntgenmammographie. Radiologe, 38, (1998), S. 447–449

Fachbereich Strahlenhygiene Institut für Atmosphärische Radioaktivität

Alberts, J.; Bieringer, J.; Burgkhardt, B.; Matzke, M.; Rimpler, A.; Scheib, H.; Waltermann, R.; Weiss, W.

Erfassung der Neutronenstrahlung nach den Vorgaben der „REI“.

In:
BMU (Hrsg.)
10. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität, 28.–30. 4. 1998, S. 227–232

Blanc, J.; Manesse, D.; Weiss, W.; Eberbach, F.; Miska, H.; Narrog, J.

Programmes et stratégies de mesures dans l'environnement en cas d'accident nucléaire en France et en Allemagne – Meßprogramme und Meßstrategien für die Überwachung der Umwelt in einem kerntechnischen Unfall in Frankreich und in der Bundesrepublik Deutschland. Abschlußbericht, Deutsch-Französische Kommission Arbeitsgruppe 2, (1999)

Kalinowski, B.; Sartorius, H.; Uhl, S.; Weiss, W. Rückschließbarkeit auf Plutoniumabtrennungen durch Auswertung von Messungen des atmosphärischen Krypton-85 von der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe. IANUS 3/1998, TU Darmstadt

Höbler, C.

Entwicklungsstand von europäischen multinationalen und bilateralen Austauschverfahren radiologischer Meßnetzdaten mit Deutschland.

In:
BMU (Hrsg.)
10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998, Bonn, S. 339–344

Stöhlker, U.; Weiss, W.

Das ODL Meßnetz des IMIS.

In:
BMU (Hrsg.)
10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998, Bonn, S. 95–100

Vladimirski, L.; Mason, R. L.; Zähringer, M.; Bohner J. D.

Optimizing the Fission Product Library for Verification of the Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty. Center for Monitoring Research Technical Report No. CMR-98/29, Arlington VA, June 1998

Weiss, W.; Bühling, A.; Eberbach, F.; Edelhäuser, H.; Eder, E.; Hornung-Lauxmann, L.; Narrog, J.; Metzger, L.; Miska, H.; Mundigl, S.; Schorr, W.; Wolf, H.; Zöllner, R.

Umsetzung der Beschlüsse des LAA-HA und der UMK vom Mai 1993-Ergebnisse der Beratungen der Bund Länder Arbeitsgruppe.

In:
BMU (Hrsg.)
10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998, Bonn, S. 13–18

Weiss, W.; Leeb, H.; Wirth, E.

EDV in der Überwachung der Umweltradioaktivität in Deutschland, StrahlenschutzPraxis, 4 (1998) 2, S. 10–15

Weiss, W.

Rechnergestützte Informations- und Entscheidungsunterstützungssysteme zur Beurteilung radiologischer Konsequenzen von Stör- und Unfällen, Aktuelle radioökologische Fragen des Strahlenschutzes, Klausurtagung der Strahlenschutzkommission 12./13. Oktober 1995, Veröffentlichung der Strahlenschutzkommission, Band 37, S. 273–288, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Gustav Fischer, 1998

Zähringer, M.; Pfister, G.

Representativeness and comparability of dose rate measurements: Description of site-specific uncertainties and data bias. Kerntechnik 63 (1998) S. 178

Zähringer, M.

Überwachung der Luftradioaktivität im Rahmen des umfassenden Kernwaffenteststoppabkommens.

In:
BMU (Hrsg.)
Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998, Bonn, S. 427–432

Fachbereich Strahlenschutz

Nachtrag 1997

Bünger, T.; Rühle, H.

Determination and evaluation of natural radioactive nuclides in drinking water from selected water supplies of the Erzgebirge and the Vogtland regions. Kerntechnik 62 (1997), S. 239–244

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

Publikationen

Barth, I.; Czarwinski, R.

„Unusual events regarding losses and finds of radioactive materials in Germany in the years 1991 to 1997“.

International Conference on the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials, Dijon/F, 14. bis 18. September (1998), IAEA-Tecdoc-1045, S. 112–116

Barth, I.; Czarwinski, R.

„Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen in Deutschland von 1991 bis 1997“.

In:

Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)

30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September – 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band I, S. 3–8

Beck, T.; Knittel, M.; Schmidt, V.; Wolf, F.; Schwedt J.; Ullmann W.

„Das personengebundene Meßsystem für die Bestimmung der individuellen Strahlenexposition von Bergarbeitern der Wismut GmbH“.

In:

Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)

30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September – 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band I, S. 160–164

Beck, T. R.; Schmidt, V.; Ullmann, W.

Equipment and quality assurance of the passive radon measurement system at BfS Proceedings of the XIXth International Conference ICNTS, Besancon 1998, S. 242

Beck, T. R.

Determination of the radon-exposure using the BfS passive measuring system.

In:

Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)

30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September – 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band I, S. 483–486

Böhm, G.; Brummer, C.; Deller, A.; Gesewsky, P.; Mundigl, S.

Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen mit der Fortluft aus Kernkraftwerken.

In:

Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)

30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September – 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band II, S. 594–599

Börst, F.-M.; Rimpler, A.; Scheib, H.

Dose Rate Measurements at Several Casks for Transport and Interim Storage. Proceedings of the 12th International Conference on the Packaging and Transportation of Radioactive Material (PATRAM '98), Paris 10–15 May 1998, S. 1064–1073.

Bünger, T.; Rühle, H.

Ringversuch zur Bestimmung künstlicher und natürlicher Radionuklide in Klärschlamm aus dem Jahre 1986 – Ergebnisse und Erfahrungen.

In:

BMU (Hrsg.)

Tagungsband zum 10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28. bis 30. April 1998, Bonn, S. 145–152

Czarwinski, R. (Co-Autor und Redakteur des Schwerpunktthemas)

„Sicherer Umgang mit Strahlenquellen: Erfahrungen aus 40 Jahren Strahlenschutz“. StrahlenschutzPraxis 4 (1998) 4, S. 3–29

Czarwinski, R. (Co-Autor)

„Strahlenschutz als Beruf: Bilanz und Zukunft“; Strahlenschutz-Fachmann/-frau heute: Berufsbilder, Ausbildung, Weiterbildung, Zukunftschancen“. StrahlenschutzPraxis 4 (1998) 1, S. 3–32

Eisenmenger, A.; Riedel, W.; Scheler, R.; Brose, J. Monitoring of thorium incorporation by thoron in breath measurement: Technical design of a routine method.

Radiation Protection Dosimetry 79, (1998), S. 491–494

Eisenmenger, A.; Brose, J.; Scheler, R.; Riedel, W. Inkorporationsüberwachung auf Thorium mittels Rn-220-Exhalationsanalyse.

In:

Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)

30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September bis 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band I, S. 177–181

Ettenhuber, E.; Gehrke, K.; Kraus, W.; Kümmel M. „Radiological assessment of mining residues and sites in Germany“.

Proceedings of the Second International Symposium on the Treatment of Naturally Occurring Radioactive Materials, Krefeld, 10. bis 13. November 1998, S. 72–76

Gesewsky, P.; Gumbrecht, P.; von Helden, B.

Simultane Probeentnahme von H-3 und C-14 in der Fortluft kerntechnischer Anlagen

In:

Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)

30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September bis 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band II, S. 570–574

Günther, E.; Hartmann, M.; Naumann, M.

Vergleichsanalysen 1996–1998: Uran, Pb-210, H-3, C-14 und Thorium in Urin.

In:

Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)

30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September bis 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band I, S. 352–357

Henze, G.; Beuth, T.

Untersuchung und Bewertung von bergbaulichen Hinterlassenschaften am Beispiel der Verdachtsfläche Zobes/Mechelgrün (Vogtland/Sachsen).

In:

BMU (Hrsg.)

Tagungsband zum 10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28. bis 30. April 1998, Bonn, S. 253–258

Jurk, M.; Barth, A.; Weiß, D.

Konzentrationen und Verteilungsmuster von Radionukliden der U-238-Zerfallsreihe in Flußsedimenten und Auenböden im Einzugsgebiet der Elbe. (Poster)

In:

BMU (Hrsg.)

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28. bis 30. April 1998, Bonn, S. 277–284

Jurk, M.; Ettenhuber, E.

Die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten – Zielstellung und Inhalt.

In:

BMU (Hrsg.)

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28. bis 30. April 1998, Bonn, S. 25–31

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

Kemski, I.; Siehl, A.; Valdivia-Manchego, M.; Lehmann, R.

Comparison of radon concentration in buildings in Oberfranken (Bavaria) with the geogenic radon potential.

Radon investigations in the Czech Republic VII and the fourth international workshop on the geological aspects of radon risk mapping. Czech Geological Survey & Radon corp., (1998), S. 53–62

Kraus, W.; Ettenhuber, E.; Staube, J.

The Decision-Making Process in Dealing with Populations Living in Areas Contaminated by the Uranium Mining Residues in Eastern Germany.

Workshop Proceedings of the Societal Aspects of Decision-Making in Complex Radiological Situations, Villigen (1998), S. 45–56

Naumann, M.; Hänisch, K.; Hartmann, M.

Levels of natural radionuclides in human excreta in the Berlin area.

Radiation Protection Dosimetry 79, (1998), S. 197–200

Naumann, M.; Hänisch, K.; Hartmann, M.; Schönherr, H.

Natürliche und künstliche Radionuklide in Urin- und Stuhlproben von Personen aus der Bevölkerung.

In:
Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)
30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September bis 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band I, S. 216–221

Przyborowski, S.

Berücksichtigung der natürlichen Radioaktivität im Strahlenschutz

In:
Klausurtagung der Strahlenschutzkommission 12. bis 13. Oktober 1995 „Aktuelle radiologische Fragen des Strahlenschutzes“
Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, (1998) Band 37, S. 48–60

Przyborowski, S.; Ettenhuber, E.

Die Bedeutung natürlicher Strahlenquellen im Strahlenschutz.

In:
Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)
30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September bis 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band I, S. 361–366

Reichelt, A.; Lehmann, K.-H.; Porstendörfer, J.; Reiheking, A.; Schwedt, J.; Streil, T.; Tottewitz, K.-H.; Wendt, J.

Klassifizierung radonexponierter Arbeitsplätze.

In:
Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)
30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September bis 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band I, S. 135–140

Rimpler, A.

Neutron Spectra and Dosimetric Quantities at Transport Casks for Reactor Spent Fuel and Vitrified Waste.

Proceedings of the 12th International Conference on the Packaging and Transportation of Radioactive Material (PATRAM '98), Paris, 10–15 May 1998, S. 1074–1081

Scheler, R.; Dettmann, K.; Brose, J.

Pb-210-In-vivo-Messungen am menschlichen Skelett.

In:
Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)
30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September bis 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band I, S. 328–333

Scheler, R.; Dettmann, K.; Brose, J.

Retrospective estimation of exposure to short-lived Rn-222 progeny by measurements of Pb-210 in the skull.
Radiation Protection Dosimetry 79 (1998), S. 129–132

Schkade, U.-K.; Beyermann, M.; Naumann, M.; Winkelmann, I.

Qualitätsüberwachende Maßnahmen der Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (Bereich VOAS).

In:
BMU (Hrsg.)
Tagungsband zum 10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28. bis 30. April 1998, Bonn, S. 241–246

Schkade, U.-K.; Hartmann, M.; Naumann, M.
Vergleichsanalysen zur Qualitätssicherung bei der Bestimmung natürlicher Radionuklide – eine Bilanz.

In:
Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)
30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September bis 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band II, S. 689–694

Schwedt, J.; Ullmann, W.

Erfahrungen bei der Strahlenschutzüberwachung an radonzerfallsproduktexponierten Arbeitsplätzen.

In:
Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)
30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September bis 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band I, S. 141–146

Schwedt, J.; Ullmann, W.

Ergebnisse der individuellen Strahlenschutzüberwachung an radonzerfallsproduktexponierten Arbeitsplätzen. (Postervortrag)

In:
Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)
30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September bis 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band I, S. 147–152

Seehafer, M.; Barth, A.; Weiß, D.

Die Auswirkungen des Uranbergbaus in Sachsen und Ostthüringen auf Radionuklidkonzentrationen in Sedimenten und Auenböden.

In:
Tagungsband zur Tagung „Uranerzbergbau und Hydrogeologie“, Freiberg (1998), S. 515–526

Ullmann, W.; Hamel, P.; Schmidt, V.

Das Laboratorium für Radon und Radonzerfallsprodukte des Bundesamtes für Strahlenschutz und seine Aufgaben bezüglich Qualitätssicherung, Kalibrierung und Messtechnik.

In:
Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)
30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September bis 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band I, S. 487–492

Vilgis, M.; Wicke, A.; Thomas, M.; Winkelmann, I.; Hauske, H.

In-situ-Gammaspektrometrie in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe.

In:
Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)
30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 27. September bis 2. Oktober 1998, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Tagungsband FS-98-98-T (1998), Band II, S. 657–662

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

Wichterey, K.

Radiologische Untersuchungen auf einer gärtnerisch genutzten Uranerzbergbauhalde.

In:

BMU (Hrsg.)

Tagungsband zum 10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28. bis 30. April 1998, Bonn, S. 271–276

Wichterey, K.; Przyborowski, S.; Sangenstedt, C. Implementation of title IX of the European Basic Safety Standards Directive concerning interventions as a result of radioactive mining relics into german law.

In:

Proceedings of the Sixth International FZK/TNO Conference on Contaminated Soil, Edinburgh, (1998), S. 749–750 (Poster)

Winkelmann, I.; Romanov, G.N.; Goloshapov, P.; Gesewsky, P.; Mundigl, S.; Buchröder, H.; Thomas, M.; Brummer, C.; Burkart, W.

Measurements of radioactivity in environmental samples from the Southern Urals.

Radiat Environ Biophys (1998) 37, S. 57–61

Winkelmann, I.; Thomas, M.; Buchröder, H.; Hohmann, C.

Ergebnisse einer Befliegung von Altlastenverdachtsflächen.

In:

BMU (Hrsg.)

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28. bis 30. April 1998, Bonn, S. 285–289

Winkelmann, I.; Carloff, G.; Mundigl, S.; Viertel, H.; Cronfeld, C.; Heckel, A.; Hohmann, C.; Thomas, M.; Walter, H.

Ergebnisse der Übung „Strahlenmessungen aus der Luft“ im Jahre 1997.

In:

BMU (Hrsg.)

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28. bis 30. April 1998, Bonn, S. 81–86

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz

Loseblattsammlung seit 1978

26. Ergänzung 6/98

27. Ergänzung 12/98

RSH_PC26, RSH_PC27, entsprechende Dateisammlungen in WINWORD

Übersetzungen von Regeln und Richtlinien

6/97 (bilingual)

Determination of the Radiation Exposure from Discharge of Radioactive Substances from Nuclear Plants or Facilities, General Administrative Provision Regarding § 45 Radiation Protection Ordinance of February 21, 1990

Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen, Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung vom 21. Februar 1990

7/97 (bilingual)

Act on the Establishment of a Federal Office for Radiation Protection of 9 October 1989, last Amendment by the Act of 25 September 1990

Gesetz über die Errichtung eines Bundesamtes für Strahlenschutz vom 9. Oktober 1989, zuletzt geändert durch Gesetz vom 25. September 1990

7/98

Data for the Evaluation of Properties of Sites for Nuclear Power Plants of June 11, 1975

Bewertungsdaten für Kernkraftwerksstandorte vom 11. Juni 1975

Publikationen

Becker, D. E.; Reiner, M.

Alterungsmanagement in deutschen Kernkraftwerken.

Kerntechnik.

Vol 63, August 1998, Seite 206–209

Becker, D. E.; Reiner, M.

Ageing Management in German Nuclear Power Plants.

In:

IAEA: International Conference on Topical Issues in Nuclear, Radiation and Radioactive Waste Safety, Wien, 31. August bis 4. September 1998

Becker, D. E.

Concept of Assistance of the Federal Office for Radiation Protection with Regard to Serious Cases of Prevention of Nuclear Hazards.

In:

IAEA: International Conference on the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials, Dijon, 14.–18. September 1998

Becker, D. E.; Kesten, J.; Koschel, P.

Systems for Non-Destructive Assay of Objects with Unknown Content.

In:

IAEA: International Conference on the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials, Dijon, 14.–18. September 1998

Becker, D. E.

Occupational Radiation Exposure by Natural Radiation Sources.

In:

2nd European ALARA Network Workshop on Good Radiation Practices in Industry and Research, NRPB-UK, 23.–25. November 1998

Berg, H. P.

Fire Safety Regulations and Licensing

In:

Upgrading of Fire Safety in Nuclear Power Plants, Hrsg. International Atomic Energy Agency, Wien, IAEA-TEC-DOC-1014, April 1998, S. 223–227

Berg, H. P.; Görtz, R.

Current status of regulatory guidance for PSA application in Germany.

In:

Proceedings of TOPSAFE '98, Valencia, April 15–17, 1998, CD-ROM, Paper TSA 2

Berg, H. P.; Görtz, R.

PSA as Part of Safety Reviews of Nuclear Power Plants in Germany.

In:

Proceedings of the Conference Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM 4), Vol. 1, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, (1998), S. 597–602

Berg, H. P.; Görtz, R.

Regulatory Guidance on PSA in Germany. Kerntechnik 63, (1998), No. 5–6, S. 278–281

Berg, H. P.; Schaefer, T.

Deterministic and Probabilistic Methods to Assess the Reliability of Structures and Components of Operating Nuclear Power Plants.

In:

Proceedings of the ESREL '98 Conference: Safety and Reliability, Vol. 2, A. A. Balkema, Rotterdam, (1998), S. 991–998

Gelfort, E.; Kraemer, J.; Spoden, E.

Statusbericht: Ost-Forschungsreaktoren Heft 2 – Februar 1998, pp atw 43. Jg 87–91

Görtz, R.; Berg, H. P.; Feige, G.

Die Bedeutung der PSA für die Sicherheitsbeurteilung von Kernkraftwerken – Stand und Entwicklungslinien.

In:

Berichtsheft der Jahrestagung Kerntechnik '98, Fachsitzung Probabilistische Sicherheitsanalysen; Zuverlässigkeitsmanagement; menschliche Faktoren, Hrsg. Deutsches Atomforum, INFORUM Verlag, Bonn, Juli 1998, S. 5–19

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

Görtz, R.; Berg, H. P.; Schott, H.

Die technischen PSA-Unterlagen zu den behördlichen Leitfäden zur PSÜ – Entwicklung, wesentliche Inhalte und Fortschreibung –. In:

Tagungsband der Fachtagung Sicherheit und Zuverlässigkeit, Harald Meyer VDI Ingenieurgesellschaft mbH, Frankfurt, 23.–24. September 1998

Hoffmann, H.; Berg, H. P.

Fire Probabilistic Safety Assessment – Method Outlined in the German PSA Guideline and its Application in German Nuclear Power Plants. In:

Proceeding of Fifth Post Conference Seminar No. 6 – Fire Safety in Nuclear Power Plants and Installations, Lyon, France, August 25–29, 1997, EdF, Direction d L'Equipment, S. 123–137

Röwekamp, M.; Berg, H. P.

German Data for Risk Based Fire Safety Assessment. In:

Upgrading of Fire Safety in Nuclear Power Plants, Hrsg. International Atomic Energy Agency, Wien, IAEA-TEC-DOC-1014, April 1998, S. 173–180

Schott, H.; Berg, H. P.

Development of Probabilistic Methods for Safety Assessment of Nuclear Power Plants. In:

ENC '98, Transactions, Vol. III, Post Papers, European Nuclear Society, Nice, (1998), S. 302–306

Seidel, F.

Application of the Defense-in-Depth Concept to Qualify Computer-Based Instrumentation and Control Systems Important to Safety.

IAEA Specialists' Meeting on Design and Assessment of Instrumentation and Control Systems in NPP Coping with Rapid Technology Change, Garching, 6. bis 8. Oktober 1998

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Adrian, H.; Müller, W.; Thiel, J.

Probabilistic safety assessment of the operational phase of a final repository – current state and possibilities. In:

A. Roth (Ed.)

Proceedings DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998, S. 547–552

Alheid, H.-J.; Leydecker, G.; Lüdeling, R.; Richter, B.; Eilers, G.; Kranz, H.

Seismological monitoring of the Gorleben site and its vicinity. BMB + F/IAEA Joint Programme, Task A.14/C 197, JOPAG/10.98-PRG-283, October 1998, Forschungszentrum Jülich-Programmgruppe TFF, 28 S.

Berg, H. P.; Brennecke, P.; Görtz, R.

Recycling and waste management related to decommissioning: German experiences and concepts. Radwaste Magazine 5 (1998) 3, S. 41–46

Boese, B.; Brenner, J.; Storck, R.; Wollrath, J.

Performance of different closure concepts for radioactive waste repositories in rock salt and application for the Morsleben repository, Germany. In:

A. Roth (Ed.)

Proceedings DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998, S. 597–602

Boetsch, W.; Gründler, D.; Osterlehner, S.; Thiel, J.

VerSys – a computer-assisted documentation- and reference system. In:

A. Roth (Ed.)

Proceedings DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998, S. 482–486

Börst, F.-M.; Rimpler, A.; Scheib, H.

Dose rate measurements of several transport and interim storage casks. Proceedings of the 12th International Conference on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 98, Paris, France, May 10–15, 1998, S. 1064–1073

Brennecke, P.

Endlagerung – Grundwasserrelevante Aspekte. atw – Internationale Zeitschrift für Kernenergie 43 (1998) 12, S. 779–783

Brennecke, P.

Endlagerung: Die Aufgaben des Bundes. In:

Liebold, W.-M. (Hrsg.)

jahrbuch der atomwirtschaft 1998, Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Düsseldorf, (1998), S. 62–72

Brennecke, P.

Waste acceptance requirements. In:

Odoj, R.; Baier, J.; Brennecke, P.; Kühn, K. (Hrsg.)

Radioactive Waste Products 1997: Proceedings of the 3rd International Seminar on Radioactive Waste Products, Würzburg, June 23–26, 1997, Forschungszentrum Jülich 1998, Volume 2, S. 89–98

Brennecke, P.; Geiser, H.; Rittscher, D.

Technical and financial aspects of waste acceptance requirements and radioactive waste conditioning interaction. In:

A. Roth (Ed.)

Proceedings DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998, S. 363–370

Brennecke, P.; Martens, B.-R.; Tittel, G.

German plannings on co-location of LLW, ILW, HLW and spent fuel. In:

Proceedings of the Symposium on Waste Management, WM '98 – HLW, LLW, Mixed Wastes and Environmental Restoration –, WM Symposia Inc., Tucson (AZ), USA, March 1–5, 1998, CD-ROM, Paper 42–06, 9 S.

Brennecke, P.; Odoj, R.; Petzold, G.

Harmonisierung und Zukunft der Abfallentsorgung. In:

Deutsches Atomforum e. V. (Hrsg.)

Jahrestagung Kerntechnik 1998, Berichtsheft der Fachsitzung „Entsorgung/Stillegung“, München, 26.–28. Mai 1998, INFORUM Verlags- und Verwaltungsgesellschaft mbH, Bonn, S. 41–53

Brennecke, P.; Thomauske, B.; Tittel, G.

Disposal of radioactive waste at the Gorleben site. In:

A. Roth (Ed.)

Proceedings DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998, S. 303–310

Ehrlich, D.

Sicherheits- und Kostenaspekte bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle in Deutschland – Schwerpunkt Endlagerung. In:

Fachverband für Strahlenschutz e. V. (Hrsg.)

Forum Entsorgungsaspekte für radioaktive Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland, Publikationsreihe Fortschritte im Strahlenschutz, FS-98-101-AKE, November 1998, 39 S.

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

Ehrlich, D.; Brennecke, P.; Arens, G.

Sicherheitsaspekte bei der Endlagerung radioaktiver Stoffe aus der Sicht des BfS.

In:

TÜV Akademie GmbH (Hrsg.)

Tagungsband zum Seminar '98: Neue Entwicklungen im Strahlenschutz, München, 25.–26. Juni 1998, TÜV Akademie GmbH, München, (1998), Beitrag 5, 53 S.

Ehrlich, D.; Eigenwillig, G. G.; Reichert, A.; Schulze, H.

Sieben Fragen und sieben Antworten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland.

In:

Winter, M.; Henrichs, K.; Doerfel, H. (Hrsg.)

Radioaktivität in Mensch und Umwelt. 30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 28. September bis 2. Oktober 1998, TÜV-Verlag GmbH, Köln, (1998), S. 1014–1019

Ehrlich, D.; Kunze, V.; Ibach, T. M.; Müller, W.

The role of volatile radionuclides in the safety analysis of underground repositories.

In:

A. Roth (Ed.)

Proceedings DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998, S. 470–476

Ehrminger, B.; Genter, M.; Hugl, M.; Schindler, M.; Tauzin, E.; Wollrath, J.

Morsleben radioactive waste repository – calibration of the 3d-groundwater model of the post-permian sedimentary cover.

In:

A. Roth (Ed.)

Proceedings DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998, S. 487–491

Ehrminger, B.; Schindler, M.; Hugl, 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:

McKinley, I. G.; McCombie, C. (Ed.)

Scientific Basis for Nuclear Waste Management XXI, Davos, September 28–October 3, 1997, Materials Research Society Symposium Proceedings Vol. 506, Warrendale, PA: Materials Research Society, (1998), S. 649–654

Erberich, I.; Hörster, A.; Hoffmann, M.; Kingreen, T.; Pünder, H.; Störmer, R. (Hrsg.)

Frieden und Recht.

38. Tagung der Wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Fachrichtung „Öffentliches Recht“. Richard Boorberg Verlag GmbH, Stuttgart, 1998

Fasten, C.

Regelungen zum Transport radioaktiver Stoffe – Morgen besser als heute?

Publikationsreihe FORTSCHRITTE IM STRAHLENSCHUTZ, Radioaktivität in Mensch und Umwelt, 30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Lindau, 28. September – 2. Oktober 1998, S. 1046–1051

Fasten, C.; Reculeau, J. Y.; Webster, A. R.

User-friendly structure of international regulations for the transport of radioactive material. Proceedings of the 12th International Conference on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 98, Paris, France, May 10–15, 1998, S. 697–703

Genter, M.; Klemenz, W.; Ludwig, R.; Wollrath, J.

Simulation of steady state groundwater flow in the Gorleben area, Germany.

In:

McKinley, I. G.; McCombie, C. (Ed.)

Scientific Basis for Nuclear Waste Management XXI, Davos, September 28–October 3, 1997, Materials Research Society Symposium Proceedings Vol. 506, Warrendale, PA: Materials Research Society, (1998), S. 1029–1030

Hoffmann, M.

Kommentierung zu §§ 22 bis 26 KrW-/AbfG (Produktverantwortung).

In:

Brandt, E.; Ruchay, D.; Weidemann, C. (Hrsg.)

Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, Verlag C. H. Beck, München, 1998

Hoffmann, M.

Konsumsteuerung im Recht.

In:

Engelhardt, K. (Hrsg.)

Umwelt und nachhaltige Entwicklung. Ein Beitrag zur Lokalen Agenda 21. Waxmann Verlag GmbH, Münster, (1998), S. 151–170

Hossain, S.; Brennecke, P.; Illi, H.; Kunze, V.

Disposal of low-level radioactive waste in Germany.

In:

Proceedings of the 19th U.S. Department of Energy Low-Level Radioactive Waste Management Conference, Salt Lake City (UT), USA, November 10–12, 1998, Diskette, 10 S.

Klemenz, W.; Rivera, A.; Wollrath, J.; Genter, M.

Three-dimensional coupled groundwater movement and salt transport calculations as part of the safety assessment of the Gorleben repository, Germany.

In:

A. Roth (Ed.)

Proceedings DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998, S. 591–596

Kranz, H.; Remagen, H. H.; Rudolf, K.

The German approach on safeguards for the final disposal of spent nuclear fuel in a salt dome.

In:

A. Roth (Ed.)

Proceedings DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998, S. 251–256

Kühn, K.; Brennecke, P.

Internationale Endlager – eine realisierbare Möglichkeit?

In:

Deutsches Atomforum e. V. (Hrsg.)

Jahrestagung Kerntechnik 1998, Berichtsheft der Fachsitzung „Entsorgung/Stilllegung“, München, 26.–28. Mai 1998, INFORUM Verlags- und Verwaltungsgesellschaft mbH, Bonn, S. 55–85

Ludwig, R.; Schelkes, K.; Röhlig, K.; Wollrath, J.

Scale dependent heterogeneities in the Gorleben area and implications on model studies.

In:

Basis for Modelling the Effects of Spatial Variability on Radionuclide Migration, Workshop Proceedings, Paris, France, June 9–11, 1997, Paris: OECD/NEA, (1998), S. 303–315

Maric, D.; Gründler, D.; Wurtinger, W.; Thiel, J.

Barrier quality of Konrad waste packages in the case of a mechanical impact.

In:

A. Roth (Ed.)

Proceedings DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998, S. 535–540

Martens, B.-R.

Quality assurance for radioactive waste packages to be disposed in Germany.

In:

Radioactive waste products 1997: Proceedings of the 3rd International Seminar on Radioactive Waste Products, Würzburg, June 23–26, 1997, Forschungszentrum Jülich (1998), Volume 2, S. 207–214

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Publikationen

Martens, B.-R.; Kunz, W.; Ledebrink, F. W.
Qualification of waste from reprocessing and fabrication of MOX fuel for disposal.
In:
Proceedings of the Symposium on Waste Management, WM '98 – HLW, LLW, Mixed Wastes and Environmental Restoration –, WM Symposia Inc., Tucson (AZ), USA, March 1–5, 1998, CD-ROM, Session 8, Paper 4, 5 S.

Odoj, R.; Baier, J.; Brennecke, P.; Kühn, K. (Hrsg.)
Radioactive Waste Products 1997: Proceedings of the 3rd International Seminar on Radioactive Waste Products, Würzburg, June 23–26, 1997, Forschungszentrum Jülich (1998), Volume 2, 508 S.

Odoj, R.; Filss, P.; Martens, B.-R.
Quality control installations of the quality control group.
In:
Radioactive waste products 1997: Proceedings of the 3rd International Seminar on Radioactive Waste Products, Würzburg, June 23–26, 1997, Forschungszentrum Jülich (1998), Volume 2, S. 231–236

Rivera, A.; Genter, M.; Klemenz, W.; Wollrath, J.
Three-dimensional simulation of coupled groundwater flow and salt transport in connection with radioactive waste repositories.
In:
Proceedings of the 11th Pacific Basin Nuclear Conference ,PBNC '98, Vol. 1, Banff, Alberta, Kanada, Mai 3–7, (1998), The Canadian Nuclear Society, Toronto, (1998), S. 635–645

Suter, D.; Biehler, D.; Blaser, P.; Hollmann, A.
Derivation of a sorption data set for the Gorleben overburden.
In:
A. Roth (Ed.)
Proceedings DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998, S. 581–584

Thomauske, B.
The German repository concept – status and prospects.
In:
A. Roth (Ed.)
Proceedings DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998, S. 193–200

Wieser, G.; Droste, B.; Martens, B.-R.
Thermal test of a cubic ductile cast iron container filled with an ion exchanger resin.
In:
Proceedings of the 12th International Conference on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 98, Paris, France, May 10–15, 1998, S. 429–435

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Präsidium

Beckmerhagen, I.

Quality Management for the design and operation as well as for the surveillance of radioactive waste repositories, AECL (Atomic Energy of Canada Limited), Pinawa (Kanada), 07. Mai 1998

Beckmerhagen, I. A.; Berg, H. P.; Wohanka, A. E.
Quality Management for the design and operation as well as for the surveillance of radioactive waste repositories.

ASME/SFEN/JSME International Conference on Nuclear Engineering 1998 (ICONE-6), San Diego, 10.–14. Mai 1998

Beckmerhagen, I.

QA System including modification procedures for structures, systems and components in German repositories, Sandia, Albuquerque, New Mexico (USA), 21./22. Mai 1998

Beckmerhagen, I.

QA System including modification procedures for structures, systems and components in German repositories, WIPP (Waste Isolation Pilot Plant), Carlsbad, New Mexico (USA), 18./19. Mai 1998

Beckmerhagen, I.; Brennecke, P.

Radioactive waste disposal related quality management: The German approach.

DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998

Kaul, A.

CASTOR-Transporte: Strahlendosis und Risiko Informationskreis Kernenergie Forum im Pressehaus II, Bonn, 29. 01. 1998

Kaul, A.

Organisation, current and future topics of work of UNSCEAR and ICRP Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, 19. 02. 1998

Kaul, A.

Biokinetics and Dose of Incorporated Radionuclides: Current State and Perspectives^{*}

Kaul, A.

Castortransporte: Strahlung und Risiko „Gorleben-Forum“, 23. 07. 1998

Kaul, A.

Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung auf dem Gebiet der nichtionisierenden Strahlen

TU Braunschweig, 03. 09. 1998

Kaul, A.

Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung auf dem Gebiet der nichtionisierenden Strahlen

Siemens AG, Berlin, 08. 10. 1998

Kaul, A.

Dosimetrie in der nuklearmedizinischen Diagnostik und Therapie sowie beim beruflichen Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen.

Freie Universität Berlin, 18. 12. 1998

Rösel, H.; Dörpmund, H.

The German Radioactive Waste Repository Projects – Competences, Responsibilities, Licensing Procedures.

DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998

Sonnek, C.

Die Euratom-Grundnorm für den Strahlenschutz 1996 – Auswirkungen auf das deutsche Strahlenschutzrecht.

PTB-BfS-Kolloquium, Braunschweig, 24. März 1998

Sonnek, C.

Zum Stand der Novellierung der Strahlenschutzverordnung.

TÜV Akademie, Seminar 1998 „Neue Entwicklungen im Strahlenschutz“, München, 25.–26. Juni 1998

Meyer, R.; Viehl, E.

Public relations work in radioactive waste disposal – the Gorleben site.

DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998, S. 646

Viehl, E.

Public relations work in the field of radioactive waste disposal in the Federal Republic of Germany.

ENS PIME '98 10th International Workshop on Nuclear Public Information in Practice, February 1–4, 1998, Maastricht, the Netherlands,

KTA-Geschäftsstelle

Kalinowski, I.

Examples of Regulatory Guidance Documentation. IAEA Regional Training Course on Regulatory Control of NPPs, Forschungszentrum Karlsruhe, Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt (FTU), 7.–18. September 1998

Fachbereich Strahlenhygiene Institut für Strahlenhygiene

Bauer, B.

Diagnostische Referenzwerte in der Röntgendiagnostik.

Wissenschaftlicher Beirat des BfS, Freiburg i. Br., 11. Dezember 1998

Bauer, B.

Die Anwendung von Röntgenstrahlen am Menschen in der medizinischen Forschung nach § 24 Abs. 2 RöV.

Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie, Frankfurt a. M., 10. November 1998

Bauer, B.

Die ärztliche Indikation im Spannungsfeld zwischen Diagnosesicherheit und Informationsüberfluß.

Fachgespräch über Wege zur Reduktion der Strahlenexposition in der diagnostischen Radiologie, Neuherberg, 30. Juli 1998

Bauer, B.

Die neuen europäischen Richtlinien zum Strahlenschutz und die Auswirkungen auf das deutsche Strahlenschutzrecht in der Medizin. ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, Neuherberg, 25. Juni 1998

Bauer, B.

Die neuen europäischen Richtlinien zum Strahlenschutz und die Auswirkungen auf das deutsche Strahlenschutzrecht in der Medizin. 34. Berlin-Kolloquium, 8. Oktober 1998

Bauer, B.

Röntgenverordnung I und II, Erläuterungen für Ärzte.

Spezialkurs im Strahlenschutz bei der Untersuchung mit Röntgenstrahlen. GSF Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit Neuherberg, 26.–28. Januar, 9.–11. Februar, 30. März–2. April, 20.–22. Juli, 23.–26. November und 30. November–2. Dezember 1998

^{*} Presented in honour of J. Kretschko on the occasion of his 65th birthday; Munich, 5 March 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Bauer, S.; Grosche, B.; Burkart, W.

Gesundheitliche Auswirkungen der Atomtests in Semipalatinsk auf die Bevölkerung in der Region Altai.

43. Jahrestagung der GMDS, Bremen, 14.–16. September 1998

Bayer, A.

Definition von Dosen und Festlegung von Dosisgrenzwerten – ein kurzer historischer Abriss.

Kurs „Offene radioaktive Stoffe“, Forschungszentrum Karlsruhe, 26. Juni 1998

Bayer, A.

Der anlagenexterne nukleare Notfallschutz – ein Überblick.

Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, 28. Mai 1998

Bayer, A.

Lageerfassung bei radiologischen Ereignissen mit Hilfe der Melde- und Warndienste. Kurs des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML): „Im Krisenfall nach ABC-Ereignissen wahrzunehmende Aufgaben im Ernährungs-, Landwirtschafts- und Veterinärbereich“, Sonthofen, 15. September 1998

Bayer, A.

Monitoring of Radioactive Contamination and Radiation Exposure in the Environment in Germany.

43rd Annual Meeting of the Health Physics Society, Minneapolis, 12.–16. Juli 1998

Bayer, A.

Natürliche und künstliche Quellen der Strahlenexposition.

Akademie des Sanitäts- und Gesundheitswesens der Bundeswehr, München, 19. Juni 1998

Bayer, A.

Physikalische Grundlagen von Kerntechnik und Strahlenschutz.

Vorlesung Universität Karlsruhe, Wintersemester 1997/98

Bayer, A.

Strahlenschutz und Nuklearer Notfallschutz. Vorlesung Universität Karlsruhe, Sommersemester 1998

Bayer, A.

Strahlenschutzvorsorgegesetz, Überwachungssystem und Vorsorgemaßnahmen.

Informationslehrgang der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) „Strahlenschutz in der Land- und Ernährungswirtschaft“, Neuherberg, 7. Mai 1998

Bayer, A.

Überwachung der radioaktiven Kontamination und der Strahlenexposition der Umwelt in Deutschland.

Kurs „Umgebungs- und Umweltüberwachung“, Forschungszentrum Karlsruhe, 26. Oktober 1998 und Fachseminar Strahlenschutz für Mitarbeiter der atomrechtlichen Behörden des Freistaates Sachsen, Dresden, 20. November 1998

Bayer, A.

Überwachungssysteme für Umweltradioaktivität in Deutschland.

Jahrestagung der Kerntechnischen Gesellschaft (KTG), München, 27. Mai 1998

Bayer, A.; Becker, D. E.

Radiologische Erstabschätzung bei der Umsetzung einer USBV mit radioaktiven Stoffen. 5. Informationsveranstaltung des BfS zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr, Salzgitter, 22.–23. September 1998

Bayer, A.; Hornung, L.; König, K.; Stapel R.

Erzeugermessung, Marktmessung, Gesamtnahrungsmessung, Ganzkörpermessung – Stufen zur Ermittlung der Strahlenexposition des Menschen über den Ingestionspfad.

Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Lindau, 28. September bis 2. Oktober 1998

Bernhardt, J. H.

Activities of the ICNIRP.

International Symposium: Exposure of electromagnetic fields and related health risks, Tokyo, 7. April 1998

Bernhardt, J. H.

Criteria for the development of international standards.

International Symposium on possible health effects of electromagnetic fields, organized by the WHO and the Russian Academy of Medical Sciences (RAMS), Moscow, 18.–22. Mai 1998

Bernhardt, J. H.

Die neuen ICNIRP-Richtlinien zum Schutz vor den Gefahren durch elektromagnetische Felder.

Symposium: Neue Entwicklungen auf dem Gebiet des Schutzes vor den Gefahren durch elektromagnetische Felder, Salzburg, 23. Oktober 1998

Bernhardt, J. H.

Die wissenschaftlichen Grundlagen – elektromagnetische Felder, Wirkungsmechanismen, Bewertung gesundheitlicher Auswirkungen. Ausschuß für Umweltpolitik des Wirtschaftsbeirats der Union, München, 22. April 1998

Bernhardt, J. H.

Einführung in die Grundlagen der Biophysik und Medizinischen Physik: Nichtionisierende Strahlen.

Vorlesung an der Medizinischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, 10. Februar 1998, 20. März 1998 und 15. Dezember 1998

Bernhardt, J. H.

Häufigkeit und Dosis radiologischer Untersuchungen.

Fachgespräch: Wege zur Reduktion der Strahlenexposition in der diagnostischen Radiologie, ISH, Neuherberg, 30. Juli 1998

Bernhardt, J. H.

ICNIRP Initiatives.

International Workshop on Exposure Metrics and Dosimetry for EMF Epidemiology, National Radiological Protection Board, Chilton, U.K., 7.–9. September 1998

Bernhardt, J. H.

Konzepte des Strahlenschutzes vor nichtionisierenden Strahlen.

Vorlesung bei der Lehrveranstaltung „Einführung in die Medizinische Physik“. Freie Universität Berlin, 23. Januar und 17. Juni 1998

Bernhardt, J. H.

Krank durch Strom und Mobilfunk – worüber streiten die Experten?

Abendvortrag im Magnus-Haus der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Berlin, 5. Mai 1998

Bernhardt, J. H.

Risiken und epidemiologische Studien zur Wirkung elektromagnetischer Felder.

12. Gemeinsame Deutsch-Österreichische Strahlenschutztagung: „Einfluß moderner bildgebender Technologien auf die Strahlenexposition von Arzt und Personal“, Bregenz, 7.–9. Mai 1998

Bernhardt, J. H.

Sicherheits- und Gesundheitsaspekte bei der Kernspintomographie.

Fortbildungsveranstaltung für ermächtigte Ärzte/Betriebsärzte, Sozial- und Arbeitsmedizinische Akademie Baden Württemberg e. V., Ulm, 30. Januar 1998

Bernhardt, J. H.

The ICNIRP EMF-Guidelines: Criteria, Development and Practical Implementation, Further Needs.

WHO EMF Project Round Table on „Harmonization of EMF Exposure Standards“, Zagreb, Kroatien, 18. November 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Bernhardt, J. H.

The new ICNIRP Guideline – scientific background and basic steps for an International Harmonization.

International Seminar on Electromagnetic Fields – Global Need for Standards Harmonization, Ljubljana, Slovenien, 9. Oktober 1998

Bernhardt, J. H.

The new ICNIRP Guidelines for limiting EMF exposure.

20th Annual Meeting of the Bioelectromagnetic Society (BEMS), St. Pete Beach, FL, USA, 7.–11. Juni 1998

Bernhardt, J. H.

The New ICNIRP Guidelines: Criteria, Restrictions and Dosimetric Needs.

NATO Advanced Research Workshop: Radio Frequency Radiation Dosimetry and Its Relationship to the Biological Effects of Electromagnetic Fields, Gozd Martuljek, Slovenien, 12.–16. Oktober 1998

Bernhardt, J. H.

Vorschriften und Schaffung von Schutzmaßnahmen in den europäischen Ländern, Direktiven der Europäischen Union.

Tagung: Radiofrequenzen und Mikrowellen: Gefährdung der Gesundheit? Cavalese (Trento), 5.–6. Februar 1998

Bernhardt, J. H.

Wirkungen elektromagnetischer Felder auf den Menschen und Festlegung von Grenz- und Richtwerten.

Informationsveranstaltung über elektromagnetische Felder-Umsetzung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV) im Niederfrequenzbereich, Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Rostock, 28. September 1998

Beyer, D.; Dalheimer, A.; Riedel, W.; Neudert, N.

Die Bedeutung der natürlichen Ausscheidung bei der Inkorporationsüberwachung auf U-238, Th-232, Sr-90 und Ra-226.

FS-Jahrestagung „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Lindau, 28. September bis 2. Oktober 1998

Blettner, M.; Breckow, J.; Greinert, R.; Grosche, B.; Harder, D.; Michaelis, J.

Biologische Wirkungen von UV-Strahlung – epidemiologische Aspekte.

Jahrestagung der Gesellschaft für Biologische Strahlenforschung, Frankfurt/Main 23.–25. September 1998

Brachner, A.

Neuere Ergebnisse aus der Deutschen Uranbergarbeiter-Studie.

ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, Neuherberg, 29. Oktober 1998

Brix, G.

Methodische Ansätze zur Reduktion und Überwachung der Strahlenexposition in der radiologischen und nuklearmedizinischen Diagnostik. ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, Neuherberg, 9. Juni 1998

Brix, G.; Bahner, M. L.; Hoffmann, U.; Horvath, A.; Schreiber, W.

Quantitative Beurteilung der Mikrozirkulation in Tumoren mit der dynamischen Computer-Tomographie.

29. Wissenschaftliche Tagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, Dresden, 14.–17. Oktober 1998

Brix, G.; Bellemann, M. E.; Gerlach, L.; Haberkorn, U.

Direkter Nachweis der intratumoralen Retention von 5-Fluoruracil mit der metabolischen ¹⁹F-MRT. 79. Deutscher Röntgenkongreß, Wiesbaden, 19.–22. Mai 1998

Brix, G.; Bellemann, M. E.; Gerlach, L.; Haberkorn, U.

Tierexperimentelle Untersuchungen zur Retention von 5-Fluoruracil in Tumoren mit der ¹⁹F-MR-Bildgebung.

29. Wissenschaftliche Tagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, Dresden, 14.–17. Oktober 1998

Brix, G.; Bellemann, U.; Gerlach, L.; Haberkorn, U.

Assessment of the Intra- and Extracellular 5-Fluorouracil Uptake in Rats with Morris Hepatoma by Means of Contrast-Enhanced Metabolic ¹⁹F MR Imaging.

Sixth Scientific Meeting and Exhibition of the ISMR, Sydney, 18.–24. April 1998

Brix, G.; Zaers, J.; Trojan, H.; Lucht, R.; Knopp, M. V.; Haberkorn, U.

Funktionelle Mammadiagnostik: Korrelation von optimierten 3D-PET-Aufnahmen mit dynamischen MR-Mammographien.

29. Wissenschaftliche Tagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, Dresden, 14.–17. Oktober 1998

Brix, G.; Zaers, J.; Trojan, H.; Schmidlin, P.; Knopp, M.; Haberkorn, U.

Mamma-Diagnostik mit PET: Optimierung der Messung und Datenverarbeitung.

36. Internationale Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin, Leipzig, 1.–4. April 1998

Brix, J.

Biologische und medizinische Aspekte statischer Magnetfelder.

Fortbildungsveranstaltung für Betriebsärzte, Sozial- und Arbeitsmedizinische Akademie Baden-Württemberg e. V., Ulm, 30. Januar 1998

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, 10. Februar 1998

Brix, J.

Biologische Wirkungen statischer Magnetfelder.

Sitzung der Sektion Strahlenbiophysik der Deutschen Gesellschaft für Biophysik, Frankfurt, 23. September 1998

Brix, J.

Einfluß von Mikrowellen auf die menschliche Hirnstromaktivität.

ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, Neuherberg, 9. Februar 1998

Brix, J.

Elektromagnetische Felder und UV-Strahlung.

Fortbildungsveranstaltung für den höheren öffentlichen Gesundheitsdienst, Akademie für das öffentliche Gesundheitswesen im Bayerischen Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie, Frauen und Gesundheit, München, 2. November 1998

Brix, J.

Messungen niederfrequenter Magnetfelder in Bayern.

Sitzung des Wissenschaftlichen Beirats, Salzgit-ter, 10. Juli 1998

Brix, J.

Niederfrequente und hochfrequente elektromagnetische Felder: physikalische Grundlagen, biologische Wirkungen und Grenzwerte. Kurs Umweltmedizin, Sozial- und Arbeitsmedizinische Akademie Baden-Württemberg e. V., Stuttgart, 11. September 1998

Brix, J.; Wettemann, H.; Scheel, O.; Matthes, R.

Measurement of the individual exposure to 50 and 16 2/3 Hz magnetic fields of a representative group of the Bavarian population. 20. Annual Meeting of the BEMS, Florida, 7.–11. Juni 1998

Burkart, W.

Radioécologie Nord-Contentin: Die französische Fachkommission zur Bewertung der Strahlenexposition durch Nuklearanlagen bei La Hague. Ziele, Vorgehen.

ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, Neuherberg, 23. April 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Burkart, W.; Bauer, B.

Risiken ionisierender Strahlen – Wissen, Unwissen und Emotionen.

Bayer. Röntgen-Kongreß, München-Großhadern, 25. Oktober 1998

Dalheimer, A.

Akkreditierung und Qualitätssicherung von Prüflaboratorien.

28. Radiometrisches Seminar „Qualitätssicherung von Strahlenschutz-Messungen – Kalibrieren, Eichen, Akkreditieren, Zertifizieren“, Theuern, 10. Juli 1998

Dalheimer, A.

Assessment of internal dose due to incorporated radionuclides.

IAEA Training Course on Design, Implementation and Management of National Individual Monitoring Service, Neuherberg, 31. August bis 11. September 1998

Dalheimer, A.; Beyer, D.; Biehl, R.; Neudert, N.
Qualitätssicherung in der Ausscheidungsanalytik. FS-Jahrestagung „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Lindau, 28. September bis 2. Oktober 1998

Dalheimer, A.; Henrichs, K.

Erste Erfahrungen mit den drei Richtlinien zur Inkorporationsüberwachung.

FS-Jahrestagung „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Lindau, 28. September bis 2. Oktober 1998

Frasch, G.; Anatschkowa, E.

Occupational Radiation Doses in the Non-nuclear Industry – a European Survey. 2nd European ALARA NETWORK WORKSHOP „Good Radiation Practices in Industry and Research“, NRPB, Chilton, UK, 25./26. November 1998

Grosche, B.

Design of a cohort study: the German Uranium Miners Cohort Study.

Medical University of South Carolina, Charleston, South Carolina, USA, 10. Februar 1998

Grosche, B.

Epidemiologische Untersuchungen an Kernkraftwerksstandorten.

TÜV Akademie: Expertentreffen Strahlenschutz, Aschau im Chiemgau, 3.–6. März 1998

Grosche, B.

Introduction to the Epidemiologic Studies Session: Cosmic radiation, electromagnetic fields, and health among aircrews.

International workshop presented by the Medical University of South Carolina's Department of Biometry and Epidemiology and Environmental Hazards Assessment Program; Charleston, South Carolina, 5.–7. Februar 1998

Grosche, B.

Neuere wissenschaftliche Erkenntnisse zur Induktion maligner Erkrankungen durch ionisierende Strahlung: Patienten.

Symposium der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik und der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Bad Münstereifel, 25. Juni 1998

Grosche, B.

The German uranium miners study.

European Master of Science Course in Radiation Biology, St. Bartholomew's Medical College, London, module in Munich, 11. März 1998

Grosche, B.

The leukemia cluster around the nuclear power plant Kruemmel, Germany.

Meeting of the Savannah River Region Health Information System's Steering Committee; Beaufort, South Carolina, 12. Februar 1998

Grosche, B.; Henrichs, K.

Thoriumbelastung der Allgemeinbevölkerung in Deutschland: Gegenwärtiger Kenntnisstand und geplante Aktivitäten.

30. Jahrestagung des Fachverbands für Strahlenschutz, Lindau, 28. September bis 2. Oktober 1998

Grosche, B.; Blettner, M.; Breckow, J.; Greinert, R.; Harder, D.; Michaelis, J.

Epidemiological Evidence for the Risk of Malignant Melanoma following UV Exposure.

The EDEN Congress: 2. International Meeting on Epidemiology and Prevention of skin diseases, Bamberg, 2.–4. Mai 1998

Grosche, B.; Burkart, W.; Bröske-Hohlfeld, I.; Wichmann, H. E.

Lung Cancer Risk among former uranium miners of the „Wismut“ in Thuringia and Saxony.

Radon Statusgespräch, Neuherberg, 18.–19. Mai 1998

Grosche, B.; Martignoni, K.; Brachner, A.; Kreuzer, M.; Schopka, H. Burkart, W.

Die Deutsche Uranbergarbeiterstudie.

SSK-Klausurtagung, Weimar, 13.–15. Mai 1998

Grosche, B.; van Santen, F.; Jahraus, H.

Fehlbildungshäufigkeit in der Umgebung kerntechnischer Anlagen in Bayern.

3. Wiss. Jahrestagung der Gesellschaft für Strahlenschutz, Münster, 19.–20. März 1998

Grosche, B.

Childhood leukaemia clusters.

European Master of Science Course in Radiation Biology, St. Bartholomew's Medical College, London, module in Munich, 10. März 1998

Grosche, B.

Epidemiologie zu den gesundheitlichen Auswirkungen der Atombombentests in Kasachstan und der Altai-Region.

Wissenschaftlicher Beirat, Salzgitter, 9./10. Juli 1998

Grosche, B.

Wismut-Epidemiologie: Analyse der Datenerhebung und Planung des Follow-up.

Wissenschaftlicher Beirat, Salzgitter, 9./10. Juli 1998

Hahn, K.; Grosche, B.; Hänseler, G.J.; Meyer, G.; Kandziora, C.; Schnell-Inderst, P.

Karzinomentstehung nach Jod-131-Applikation im Rahmen des Radiojod-Tests bei Kindern und Jugendlichen.

43. Jahrestagung der GMDS, Bremen, 14.–16. September 1998

Hain, J.; Jung, T.

CDK1 activities at the G2/M checkpoint and their reduction after ionizing radiation in four human cell lines with different p53 status. EU-Koordinierungstreffen, Zürich, 26./27. Juni 1998

Hain, J.; Reich, E.; Hetzl, K.; Jenei, V.; Konhäuser, E.; Nürnberger, E.; Schindewolf, C.; Jung, T.

Different mitotic CDK1 activities at the G2/M checkpoint and their reduction after ionizing radiation in four human cell lines with different p53 status.

10th International Conference on second Messenger & Phosphoproteins. Jerusalem, Israel, 8.–13. November 1998

Hain, J.; Tamascovic, R.; Jaussi, R.; Jung, T.

Determination of mitotic CDK1 activities at the G2/M checkpoint and their reduction after ionizing radiation in cell lines with different DNA mismatch repair proficiencies.

EU-Koordinierungstreffen, Mol, Belgien, 18./19. Dezember 1998

Heide, L.; Dalheimer, A.

TL dosimetry in bricks from the Altai region. EC Contractors Meeting, Elmau, 8.–13. November 1998

Henrichs, K.; Dalheimer, A.

Novellierung der Strahlenschutzverordnung. 50. Sitzung des FS-Arbeitskreises Inkorporationsüberwachung (AKI), Kulmbach, 7.–8. Mai 1998

Hornung-Lauxmann, L.

Abschlußbericht der Arbeitsgruppe „Umsetzung der Beschlüsse des LAA-HA und der UMK vom Mai 1993“.

92. Sitzung des SSK-Ausschusses „Notfallschutz“, Bonn, 19. März 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

26. Sitzung des Arbeitskreises „Integriertes Meßsystem“, Berlin, 22. April 1998
Sitzung der Strahlenschutzkommission, Bonn, 2. Juli 1998
Sitzung des Fachausschusses Strahlenschutz, Freiburg/Unstrut, 5. Oktober 1998

Horning-Lauxmann, L.

Bundeseinheitliche Erfassung und Verwaltung von REI-Daten und ihre Zusammenführung mit IMIS-Daten.

2. Sitzung der REA-Benutzergruppe, Neuherberg, 10. März 1998

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998

20. Sitzung des Arbeitskreises „Emissionen und Immissionen kerntechnischer Anlagen“, Neuherberg, 12. Mai 1998

Sitzung des wissenschaftlichen Beirats der Fachbereiche Strahlenhygiene und Strahlenschutz des BfS, Salzgitter, 9./10. Juli 1998

3. Sitzung der REA-Benutzergruppe, Neuherberg, 9. Dezember 1998

Horning-Lauxmann, L.

Ergebnisse und Erfahrungen aus der bundesweiten IMIS-Übung im § 3-Bereich am 14./15. September 1998.

27. Sitzung des Arbeitskreises „Integriertes Meßsystem“, Bonn, 11./12. November 1998

Sitzung 2/98 der Leitstellen, Bonn, 17./18. November 1998

Kaltesch, U.; Burkart, W.; Grosche, B.; Michaelis, J.

Leukämieerkrankungen bei Säuglingen in Westdeutschland nach dem Tschernobyl-Unfall.

6. Jahrestagung Epidemiologie, 44. Biometrisches Kolloquium der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Epidemiologie und der Internationalen Biometrischen Gesellschaft Deutsche Region; Mainz, 16.–19. März 1998

Kammerer, L.

Freisetzungsterme bei kerntechnischen Unfällen.

Schulung „IMIS für Radiologen“, Neuherberg, 26. Mai 1998 und 3. November 1998

König, K.

Ermittlung der Körperdosen nach Inkorporation gemäß Richtlinien des BMU.

Seminar für Mitarbeiter an Regionalen Strahlenschutzzentren, Bad Münstereifel, 29. Oktober 1998

König, K.

Inkorporationsüberwachung durch Direktmessung.

Spezialkurs für zu ermächtigende Ärzte, GSF Neuherberg, 6. Oktober 1998

König, K.

Kalibrierung von Ganz- und Teilkörperzählern. Gemeinsames Kolloquium BfS/PTB Abteilung 6, Braunschweig, 3. November 1998

König, K.; Rühm, W.

Ganzkörperaktivität nach dem Verzehr von Waldpilzen mit Cs-137 aus dem Tschernobyl-Fallout.

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998

König, K.; Meier, S.; Brose, J.

Ringversuch im Jahr 1997 an Ganz- und Teilkörpermeßanlagen in Deutschland.

Radioaktivität in Mensch und Umwelt, 30. Jahrestagung des Fachverbandes für Umweltschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau im Bodensee, 28. September bis 2. Oktober 1998

Korn, H.

Fortschreibung des Maßnahmenkataloges. 26. Sitzung des Arbeitskreises „Integriertes Meßsystem“, Berlin, 24. April 1998

Korn, H.

IAEA Advisory Group Meeting „International Requirement for Nuclear and Radiological Emergency Preparedness and Response“, Wien, 15.–19. Dezember 1997.

92. Sitzung des Ausschusses „Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ der SSK, Bonn, 19. März 1998

Korn, H.

Internationale Aktivitäten auf dem Gebiet des Notfallschutzes.

ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, Neuherberg, 22. Januar 1998

Korn, H.; Bittner, S.; Strleik, I.; Zindler, H.

The German Guide for Selecting Protective Measures.

International Radiological Post-Emergency Response Issues Conference, Washington D. C., 9.–11. September 1998

Kragh, P.

Meßunsicherheit in der Strahlenschutzdosimetrie.

Frühjahrssitzung des Normenausschusses Radiologie, Arbeitsausschuß Dosimetrie, Bensheim, 20. April 1998 und 48. Sitzung des Arbeitskreises „Dosismessung externer Strahlung“, München, 23. April 1998

Kragh, P.

Personenidentifikation beim Strahlenschutzregister.

3. Sitzung der Expertenkommission Strahlenschutzregister, Neuherberg, 5.–6. November 1998

Leeb, H.

Austausch von Radioaktivitätsdaten mit mittel- und osteuropäischen Staaten.

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998

Leeb, H.

Weiterentwicklung von IMIS unter IT-technischen Gesichtspunkten.

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998

Lüke, G.; Gomolka, M.; Jung, T.

Polymorphismen in DNA-Reparaturgenen. ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, Neuherberg, 19. November 1998

Martignoni, K.

Ableitung von Grenzwerten – Strahlung.

14. Münchner Gefahrstoff-Tage, München, 12. November 1998

Martignoni, K.

Ableitung von Grenzwerten für den Strahlenschutz.

Kerntechnische Gesellschaft, GRS Garching b. München, 10. Dezember 1998

Martignoni, K.

Gesundheitliche Folgen durch Castor-Transporte?

Informationsveranstaltungen für Bereitschaftspolizei, Königsbrunn, 2. Juli 1998, Nürnberg, 7. Juli 1998 und München, 13. Juli 1998

Martignoni, K.

Gesundheitliche Gefährdung durch Castor-Transporte?

Volkshochschule Ravensburg, Halle (Westf.), 25. November 1998

Martignoni, K.

Neuere wissenschaftliche Erkenntnisse zur Induktion maligner Erkrankungen durch Strahlung – Bewertung.

Fachgespräch der Berufsgenossenschaft Feinmechanik, Institut für Strahlenschutz, Bad Münstereifel, 25. Juni 1998

Martignoni, K.

Radon und Folgeprodukte – Strahlenbiologische Grundlagen.

Workshop „Radon in Luft und Wasser“ des Forschungszentrums Karlsruhe, Karlsruhe, 9. März 1998

Martignoni, K.

Risikobetrachtungen – Wirkung kleiner Dosen. Schule für Strahlenschutz der GSF, München, 9. Oktober 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Martignoni, K.

Stimmen die Dosisgrenzwerte im Strahlenschutz noch?

Tagung Arbeitskreis „Praktischer Strahlenschutz“ des Fachverbandes Strahlenschutz, München, 26. Oktober 1998

Martignoni, K.

Strahlenexposition durch Radon – Dosiskonvention und Strahlenrisiko.

Seminar der Schule für Strahlenschutz, Berlin, 17. Juni 1998

Martignoni, K.

Wie sicher sind die Castor-Transporte?

Podiumsdiskussion Bündnis 90/Grüne, Abgeordnetenhaus Berlin, 10. Juni 1998

Martignoni, K.

Wismut – Studienplan.

Klausurtagung der Strahlenschutzkommission, Weimar, 14. Mai 1998

Martignoni, K.; Oestreicher, U.; Schwarz, E.-R.

Radon als Heilmittel – medizinische Aspekte – Risiko.

Gemeinsamer Workshop des BfS, der LPS und des RADIZ e. V. „Arbeitsplätze mit erhöhter natürlicher Strahlenexposition“, BfS, RADIZ e. V. LPS, Schlema, 23.–24. Oktober 1998

Nalezinski, S.; Wirth, E.

Some General Remarks on the Time-Dependency of the Transfer Factor Soil-to Plant. Workshop on Parameters for the Time-Dependent Transfer of Radionuclides in Soil-Plant Systems, Piacenza, Italien, 4–5. März 1998

Niedermayer, M.

Dosisrekonstruktion mittels Thermolumineszenz am ISH.

Seminar der Forschungsstelle Archäometrie der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Heidelberg, 13. Januar 1998

Niedermayer, M.

Untersuchungen zur Nachweisgrenze der Dosisbestimmung in der retrospektiven Dosimetrie mittels OSL.

4. Lumineszenz- und ESR-Datierungskolloquium, Dresden, 23.–25. Oktober 1998

Niedermayer, M.; Guggenberger, R.; Heide, L.; Dalheimer, A.

Kalibrierung eines TL-Messplatzes für die Dosisrekonstruktion mittels Umgebungsmaterialien.

FS-Jahrestagung „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Lindau, 28. September bis 2. Oktober 1998

Nitschke, J.

Sachstand und Weiterentwicklung des Strahlenschutzregisters.

3. Sitzung der Expertenkommission Strahlenschutzregister, Neuherberg, 5.–6. November 1998

Noßke, D.

Interne Dosimetrie für Patienten und Nicht-Patienten.

BfS-ISH Neuherberg, 9. Juni 1998

Noßke, D.

Modelle der ICRP für die interne Dosimetrie – Stand und Perspektiven.

30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Lindau, 29. September 1998 und ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, Neuherberg, 8. Oktober 1998

Oestreicher, U.; Schwarz, E.-R.; Burkart, W.

Jodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen.

11. Medizinische A-Schutztagung, Sanitätsakademie München, 4.–5. März 1998

Peter, J.

Die natürlichen Radionuklide im Integrierten Meß- und Informationssystem IMIS.

Gemeinsames Radonkolloquium GSF/BFS-ISH, Neuherberg, 27. Oktober 1998

Peter, J.

Ionisierende und nichtionisierende Strahlenexpositionen: Gemeinsame Kriterien für die Begrenzung.

Seminar „Gesundheitlicher Strahlenschutz nichtionisierender Strahlen“, BfS-ISH Neuherberg, 9. Februar 1998

Peter, J.

Die Entscheidungshilfesysteme für radiologische Ereignisfälle PARK, CAIRE und RODOS/RESY.

ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, Neuherberg, 22. Oktober 1998

Pressl, S.; Stephan, G.

Chromosomal rearrangements detected by means of Fluorescence in situ Hybridization. IAEA Meeting on Radiation Dosimetry through Biological Indicators, Budapest, 29 Juni bis 1. Juli 1998

Sandmann, H.

Meß- und Prüftechnik gemäß internationaler Strahlenschutz-Bestimmungen.

4. Symposium der Deutschen Akademie für Photobiologie und Phototechnologie e. V., „Therapeutische Wirkungen optischer Strahlung“, München, 25.–26. September 1998

Sandmann, H.; Scheel, O.; Steinmetz, M.; Walasch, M.

QA/QC of BfS/UBA UV Monitoring Network in Practice.

2nd Workshop of the Thematic Network for Ultraviolet Measurements, Braunschweig, 9.–11. November 1998

Schopka, H. J.

Die Bedeutung der EU-Grundnormen und der Patientenrichtlinie für die Medizinische Physik Winterschule der DGMP, Pichl/Österreich, 19.–23. Januar 1998

Schopka, H. J.; Ullmann, W.

Retrospektive Expositionsbestimmung bei ehemaligen Wismut-Beschäftigten.

ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, Neuherberg, 2. Juli 1998

Schopka, H. J.; Ullmann, W.

Expositionsermittlung mittels JEM, mittels IEK und mittels Biologischer Dosimetrie.

Wissenschaftlicher Beirat, Salzgitter, 9./10. Juli 1998

Schopka, H. J.

Validierung der Expositionsquantifizierung.

3. Sitzung des Ausschusses „Strahlenrisiko“ der SSK, Bonn, 22. Oktober 1998

Schwarz, E. R.; Noßke, D.; Minkov, V.

Behandlung und Management schwerer Strahlenunfälle am Beispiel des Geschehens in Goiânia, Brasilien, September 1987 – dosimetrische und medizinische Aspekte.

ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, Neuherberg, 7. Mai 1998 und BfS-Kolloquium, Salzgitter, 15. April 1998

Seidler, A.; Raum, E.; Arabin, B.; Grosche, B.; Schwartz, F. W.

Chemische Exposition am Arbeitsplatz schwangerer Frauen und kindliches Geburtsgewicht. Ergebnisse einer prospektiven Studie.

Wissenschaftliche Jahrestagung der DGSM und der DGMS, Marburg/Lahn, 29. September bis 1. Oktober 1998

Stapel, R.

Operating Experiences with the System IMIS. Communication sans frontieres '98: Strahlenschutz und Umgebungsüberwachung im Europa von morgen, Breisach, 22.–24. April 1998

Stapel, R.; Renaud, P.; Maubert, H.; Wirth, E.
Vergleich des deutschen Störfallmodells PARK mit dem französischen ASTRAL.

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Steiner, M.

Radionuclides in natural and semi-natural ecosystems.

Master of Science-Kurses in Strahlenbiologie, Radioökologie, GSF Neuherberg, 17. März 1998

Steiner, M.

The dynamics of radionuclides in a selected forest ecosystem in Bavaria, Germany. National Institute of Radiological Sciences, Chiba, Japan, 2. November 1998

Steiner, M.; Rühm, W.; Nalezinski, S.; Wirth, E.
Model for Predicting the Long-Term Radioesium Contamination of Mushrooms and Understorey Vegetation.

Contaminated forests: Recent Developments in Risk Identification and Future Perspectives, Kiev/Ukraine, 24.–28. Juni 1998

Steinmetz, M.; Sandmann, H.; Wallasch, M.; Scheel, O.

Solar UV Monitoring by BfS/UBA – Improved QA/QC With Newly Developed Calibration Units.

1st Workshop of the Thematic Network for Ultraviolet Measurements, Helsinki, 2.–3. März 1998

Steinmetz, M.

Die Wirkung der UV-Strahlung auf den Menschen.

Forschungszentrum Karlsruhe, Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt, 5. März 1998

Steinmetz, M.

Gesundheitliche Aspekte der Wirkung von UV-Strahlung auf den Menschen.

BfS-Informationsveranstaltung, Salzgitter, 23. Juni 1988

Steinmetz, M.

Status quo des Strahlenschutzes im Bereich optischer Strahlung (UV, Laser).

34. Berlin-Kolloquium, Berlin, 7.–11. Oktober 1998

Stephan, G.

Bedeutung von Chromosomenaberrationen. Grundkurs im Strahlenschutz für Ärzte. GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg, 3. Februar 1998

Stephan, G.

Biologische Indikatorsysteme zum Nachweis einer Strahlenexposition.

Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt des Forschungszentrums Karlsruhe, Karlsruhe, 2. Dezember 1998

Stephan, G.

Genetische Strahlenwirkung und Risikoabschätzung.

Grundkurs im Strahlenschutz für Ärzte, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg, 23. September 1998

Stephan, G.

Hereditäre Strahlenwirkungen beim Menschen. Grundkurs im Strahlenschutz für Ärzte. GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg, 20. Januar 1998

Stephan, G.; Pressl, S.

Persistence of FISH-detected translocations in accidentally exposed radiation workers. International Conference on Biodosimetry and 5th International Symposium on ESR Dosimetry and Applications, Moskau/Obninsk, 22.–26. Juni 1998

Stephan, G.; Pressl, S.

Translocations detected by means of FISH technique in healthy donors and after exposure to low X-ray doses.

International Conference on Radiation Biology: DNA damage, repair and carcinogenesis, Shillong, Indien, 7.–10. April 1998

Truckenbrodt, R.; König, K.

Kalibriermethoden für In-vivo-Inkorporationsmeßanlagen.

ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, Neuherberg, 16. Juli 1998

Walter, H.

Aspekte der meteorologischen Ausbreitung im Rahmen der Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr.

5. Informationsveranstaltung des BfS zur Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr, Salzgitter-Bad, 22./23. September 1998

Walter, H.

Bericht über das 1. Fachgespräch SODAR (Fazit).

SSK/S2 „Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“, Bonn, 26. November 1998

Walter, H.

Bericht über das 1. Fachgespräch SODAR.

Arbeitskreis „Emissionen und Immissionen bei kerntechnischen Anlagen“, Bonn, 17.–18. September 1998

Walter, H.

Present state of using SODAR within the German Remote Monitoring System for Nuclear Facilities; Report from „Fachgespräch SODAR“ München.

9th International Symposium on Acoustic Remote Sensing and Associated Techniques of the Atmosphere and Oceans (ISARS), Wien, 6.–10. Juli 1998

Walter, H.

Möglichkeiten der meteorologischen Fernerkundung für strahlenhygienische Bewertungen von Emissionen.

ISH-Kolloquium „Aktuelle Themen in der Strahlenhygiene“, Neuherberg, 5. März 1998

Walter, H.; Martens, R.; Thielen, H.; Sperling, T.; Maßmeyer, K.

Konzept einer Modellkette für die realitätsnahe Berechnung der atmosphärischen Ausbreitung und schnellen Abschätzung der Strahlenexposition im Bereich des KFÜ-Systems.

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998

Werner, M.

ECOSYS, zentraler Bestandteil von PARK Schulung „IMIS für Radiologen“, ISH Neuherberg, 10. September und 3. November 1998

Wildermuth, H.

Anwendung der AVV zu § 45 StrlSchV zur jährlichen Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch kerntechnische Anlagen.

146. Sitzung des Ausschusses „Radioökologie“ der SSK, Bonn, 27. November 1998

Winter, M.; Wirth, E.

Entwurf einer allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung von Rechtsverordnungen nach § 7 Abs. 1 des Strahlenschutzvorsorgegesetzes oder der Verordnung (EURATOM) Nr. 3954/87.

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998

Wirth, E.

Radioecology – International Activities and Collaboration.

International Seminar on Conversion Potential of the Kyrgyz Republic and ITC-Projects, Issyk-kul Lake, Kirgisien, 7.–12. September 1998

Wirth, E.; Steiner, M.

Transfer von Radionukliden in die Muttermilch. 30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Lindau 28. September bis 2. Oktober 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Fachbereich Strahlenhygiene Institut für Atmosphärische Radioaktivität

Kalinowski, M.; Uhl, S.; Sartorius, H.; Weiss, W.
Rückschließbarkeit auf Plutoniumabtrennung durch Auswertung von Messungen des atmosphärischen Krypton-85 in Wochenproben bei verschiedenen Abständen von der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe.

Fachsitzung „Abrüstung und Verifikation“, 62. Physikertagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Regensburg, 26. März 1998

Weiss, W.

Fernmeßnetze zur ODL-Überwachung.
Informations- und Fortbildungsveranstaltung „Strahlenschutz und Umgebungsüberwachung im Europa von morgen, Breisach, 22.–24. April 1998

Weiss, W.

Monitoring Strategies.
Trainings Course in Russia on Emergency Preparedness in the Early Phase of a Nuclear Accident, Obninsk, Russia, 4–8 May 1998

Weiss, W.

Emergency Preparedness, Release of Radionuclides after major Nuclear Accidents, Post Accidental Measurements.
IAEA Regional Training Course on „Determination of Radionuclides in Environmental Samples“, Seibersdorf Laboratories/FTU, 22. Juni bis 17. Juli 1998

Weiss, W.

Meßtechnische Überwachung; Integriertes Meß- und Informationssystem, Kernreaktorfer-nüberwachung, Datenerfassung, -übermittlung und -bewertung.
Informationseminar auf dem Gebiet des Zivil- und Katastrophenschutzes „Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“, Akademie für Notfallplanung und Zivilschutz im Bundesamt für Zivilschutz, Bad Neuenahr-Ahrweiler, 28. September bis 7. Oktober 1998

Zähringer, M.

Specifications for IMS radionuclide monitoring systems.
Comprehensive Test-Ban Treaty Informal Radionuclide Workshop on the Noble Gas Network.
13.–15. Januar 1998, Melbourne, Florida, USA

Zähringer, M.

Problems with station certification.
Comprehensive Test-Ban Treaty Informal Radionuclide Workshop on Radionuclides.
28. September bis 2. Oktober 1998, Bruyères-Le-Châtel, Frankreich

Fachbereich Strahlenschutz

Beck, T. R.

Das personen- und ortsbundene Meßsystem für die Bestimmung der individuellen Strahlenexposition von Bergarbeitern der WISMUT GmbH.
Workshop „Strahlenschutzüberwachung von Arbeitsplätzen mit erhöhten Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten und Qualitätssicherung der Überwachungsmessungen“, Berlin, 22.–24. Juni 1998

Beyermann, M.

Bestimmung von P-32, Fe-55 und Ni-63.
Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 25.–27. Mai 1998

Beyermann, M.

Bestimmung der Uran- und Thorium-Isotope, von Sr-89/Sr-90, Ni-63 und Fe-55 im Abwasser kerntechnischer Anlagen mit extraktionschromatographischen Verfahren.
RIVM-Seminar, Bilthoven/ Holland, 28. Oktober 1998

Beyermann, M.

Extraktionschromatographie – Ein modernes Verfahren zur Bestimmung von Eisen-, Nickel-, Strontium-, Uran-, Plutonium-, Americium- und Thorium-Isotopen.
Kolloquium des Fachbereiches Strahlenschutz, Berlin, 20. April 1998

Beyermann, M.; Bräuer, M.; Obrikat, D.; Radke, P.

Bestimmung von Thorium-Isotopen im Abwasser kerntechnischer Anlagen.
EICHROM User Group Meeting, Kassel, 10. Dezember 1998

Bünger, T.

Probleme bei der Bestimmung von Sr-89/Sr-90.
Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 25. bis 27. Mai 1998

Bünger, T.

Bestimmung von Uran und Transuranen mittels Alphaspektrometrie einschließlich neuer Entwicklungen.
Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 25. bis 27. Mai 1998

Bünger, T.

Untersuchungen zum Gehalt von natürlichen Radionukliden im Trinkwasser.
Kolloquium des Fachbereiches Strahlenschutz, Berlin, 26. Oktober 1998

Czarwinski, R.

Besondere Vorkommnisse beim Umgang mit Strahlenquellen in Deutschland.
Sitzung des Wissenschaftlichen Beirates des BfS, Freiberg/Breisgau 10.–11. Dezember 1998

Czarwinski, R.; Barth, I.

Unusual events in the use of radioactive materials in Germany in the years 1991–1997.
2nd European ALARA-Workshop NRPB Chilton/UK, 23.–25. November 1998

Detmann, K.; Scheler, R.

Inkorporation radioaktiver Stoffe.
Grundkurse im Strahlenschutz nach Strahlenschutzverordnung (LPS-Lehrveranstaltungen 1998)

Ettenhuber, E.

Natürliche Strahlenexposition unter besonderer Berücksichtigung der Strahlenexposition durch Radon.
Vortrag im Behördenseminar III des SMU, Dresden, 19. November 1998

Ettenhuber, E.

Uranerzbergbau und damit verbundene Altlasten, Probleme beim Strahlenschutz gegen erhöhte natürliche Expositionen.
Fachseminar Strahlenschutz der LPS, Berlin, 17.–18. Juni 1998

Gehrcke, K.

Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten -Altlastenkataster (im Rahmen des Themenkomplexes „Exposition der Bevölkerung durch natürliche Strahlung“).
34. Berlin-Kolloquium, Schlema, 9. Oktober 1998

Günther, E.; Hartmann, M.; Naumann, M.

Vergleichsanalysen 1996–1998: Uran, Pb-210, H-3, C-14 und Thorium in Urin.
30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Lindau, 28. September bis 2. Oktober 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Hamel, P.

Concerted Action „Retrospectively estimated radon in areas affected by uranium mining activities“ – survey, activities and results 1997/1998.

Project-Workshop, Verona/Italien, 26.–29. Oktober 1998

Hamel, P.

Das BfS-Kalibrierlaboratorium für Radon und Radonzerfallsprodukte.

Project-Workshop im Rahmen der Concerted Action „Retrospectively estimated radon in areas affected by uranium mining activities“, Project-Workshop, Verona/Italien, 26.–29. Oktober 1998

Hölzer, F.

Stoffwechsel von Radionukliden.

Spezialkurs für den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen über dem 10^5 -fachen der Freigrenze und Tätigkeiten nach § 7 AtG, LPS, Berlin, 30. September 1998

Hölzer, F.

Inkorporation und Dekorporation von Radionukliden.

Spezialkurs für zu ermächtigende Ärzte, LPS, Berlin, 10. November 1998

Kraus, W.

Konzepte des Strahlenschutzes vor ionisierenden Strahlen.

Freie Universität Berlin, Berlin, 10. Juni 1998 und 11. Dezember 1998

Kraus, W.

Internationale Empfehlungen zur Überwachung von Arbeitsplätzen.

Workshop „Strahlenschutzüberwachung von Arbeitsplätzen mit erhöhten Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten und Qualitätssicherung der Überwachungsmessungen“, Berlin, 22. bis 24. Juni 1998

Kraus, W.; Ettenhuber, E.; Przyborowski, S.

Justification and optimization of interventions in chronic exposure situations with enhanced natural radioactivity (resulting from mining and other industrial residues).

International Conference on Topical Issues in Nuclear, Radiation and Radioactive Waste Safety, Wien/Österreich, 31. August bis 4. September 1998

Kraus, W.

Practices in Setting up and Managing a System for Occupational, Medical and Public Exposure Control.

International Regional Seminar on „Approaches and Practices in Strengthening Radiation Protection and Waste Management Infrastructure

in Countries of Eastern Europe and the Former USSR“, Bratislava, 28. September bis 2. Oktober 1998

Kraus, W.

Exposition der Bevölkerung durch natürliche Strahlung.

34. Berlin-Kolloquium, Berlin/Schlema, 7.–11. Oktober 1998

Kraus, W.

Post accident management in Germany on the basis of the Precautionary Radiological Act. 3. EURETHOS Seminar, Paris, 12.–13. November 1998

Kraus, W.

Overview of the Situation in Germany. International Workshop on Radiation Protection at Workplaces with Increased Levels of Natural Radiation: Recording, Monitoring, Protection Measures, BfS Salzgitter, 18.–19. November 1998

Naumann, M.; Hänisch, K; Hartmann, M.; Schönherr, H.

Natürliche und künstliche Radionuklide in Urin- und Stuhlproben von Personen aus der Bevölkerung.

30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Lindau, 28. September bis 2. Oktober 1998

Obrikat, D.

Interpretation der Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1997 und der Ergebnisse des Ringversuches Abwasser aus Kernkraftwerken.

Arbeitsgruppe „Radioaktive Emissionen mit dem Abwasser“ der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW), Frankfurt/Main, 28. April 1998

Obrikat, D.

Physikalische Grundlagen zum Nachweis ionisierender Strahlung.

Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 25.–27. Mai 1998

Obrikat, D.

Probleme bei der Alphaspektrometrie und der Flüssigszintillationspektrometrie.

Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 25.–27. Mai 1998

Obrikat, D.

Probleme bei der Gammaskpektrometrie. Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 25.–27. Mai 1998

Obrikat, D.

Probleme bei der Bestimmung von Tritium und Alphastrahlern.

Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 25.–27. Mai 1998

Obrikat, D.

Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken.

Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 25.–27. Mai 1998

Obrikat, D.

Rückblick auf die deutsch-niederländische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Reinhaltung des Wassers (AG Radioaktivität).

RIVM-Seminar, Bilthoven/Holland, 28. Oktober 1998

Obrikat, D.

Methodik der statistischen Auswertung von Ringversuchsergebnissen nach DIN 38402. RIVM-Seminar, Bilthoven/Holland, 28. Oktober 1998

Obrikat, D.

Darstellung und Diskussion der Meßergebnisse der niederländischen Teilnehmer des Ringversuches Abwasser aus kerntechnischen Anlagen, 1998.

RIVM-Seminar, Bilthoven/Holland, 28. Oktober 1998

Przyborowski, S.

Radon – Ursachen und Konsequenzen seiner Sonderrolle im Strahlenschutz.

Radonkolloquium der GSF, Neuherberg, 13. Januar 1998

Przyborowski, S.

Einschätzung und Bewertung von Strahlenexpositionen bei Tätigkeiten im Bergbau.

Spezialkurs für zu ermächtigende Ärzte, Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Berlin, 3. April 1998 und 10. November 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Przyborowski, S.

Exposition der Bevölkerung durch natürliche Strahlung – Möglichkeiten der Regulierung. 34. Berlin-Kolloquium, Berlin/Schlema, 7.–10. Oktober 1998

Przyborowski, S.

Grenzwerte und Empfehlungen – neue gesetzliche Regelungen. Sonderkurs Bergbau, Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Chemnitz, 20. Oktober 1998

Przyborowski, S.

Die Einordnung der natürlichen Strahlenquellen in das System des Strahlenschutzes. Sitzung des Beirates der Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Berlin, 18. Dezember 1998

Rimpler, A.

Neutron Spectra and Dosimetric Quantities at Transport Casks for Reactor Spent Fuel and Vitrified Waste, EC Concerted Action „Radiation Spectrometry in Mixed Neutron-Photon Fields“, 1st Meeting at NPL Teddington, December 7th–8th, 1998

Rühle, H.

Abwasserüberwachung nach KTA 1504. Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 25.–27. Mai 1998

Rühle, H.

Nachweisgrenzen bei Radioaktivitätsmessungen. Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 25.–27. Mai 1998

Rühle, H.

Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen. Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Seminar „Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken“, Berlin, 25.–27. Mai 1998

Rühle, H.

Neue Ergebnisse zu Radon in Trinkwasser in der Bundesrepublik Deutschland. 11. Statusgespräch zur Forschung im Problemkreis „Radon“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Neuherberg, 18.–19. Mai 1998

Rühle, H.

Natürliche und künstliche Strahlenexposition. Vorlesung im Rahmen der Lehrveranstaltung „Einführung in die medizinische Physik“, Fachbereich Medizinische Grundlagenfächer, Freie Universität Berlin, Berlin, 12. Juni 1998

Rühle, H.

Flächendeckende Untersuchungen über den Radongehalt des Trinkwassers in der Bundesrepublik Deutschland. 30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. „Radioaktivität in Mensch und Umwelt“, Lindau, 28. September bis 2. Oktober 1998

Rühle, H.

Radioaktivität und Trinkwasser. Intensivschulung Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. „Gesundheitliche Relevanz von chemischen Wasserinhaltsstoffen in besonderem Hinblick auf die neue EU-Trinkwasserrichtlinie“, Bonn, 11.–12. November 1998

Scheler, R.; Dettmann, K.; Brose, J.

Pb-210-In-vivo-Messungen am menschlichen Skelett. Posterpräsentation und Kurzvortrag auf der 30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz in Lindau 28. September bis 2. Oktober 1998

Scheler, R.

Inkorporationsmessungen. Spezialkurse für zu ermächtigende Ärzte, Vorträge und Demonstration des Ganzkörperzählers für LPS-Lehrveranstaltungen, Berlin 1998

Scheler, R.

Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosis (Innere Exposition). Behördenseminare und Fortbildungsseminare zum Erhalt der Fachkunde im Strahlenschutz, Berlin 1998

Schmidt, V.

Measurements of Deposition Velocity of Radon Decay Products. Meeting im Rahmen der Concerted Action „Retrospectively estimated radon in areas affected by uranium mining activities“, Berlin, 26.–28. März 1998

Schmidt, V.

Übersicht über Methoden zur Messung von Radon und Radonzerfallsprodukten sowie zur Qualitätssicherung. Workshop Arbeitsplätze mit erhöhter Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide, Schlema, 23.–24. Oktober 1998

Schmidt, V.

Bestimmung unangereicherter Radonzerfallsprodukte und ihre Bedeutung im Strahlenschutz. BfS/PTB – Kolloquium, Salzgitter, 15. Dezember 1998

Schmidt, V.; Schwedt, J.; Ullmann, W.

„Ergebnisse von vergleichenden Laboratoriumsuntersuchungen“. Workshop „Strahlenschutzüberwachung von Arbeitsplätzen mit erhöhten Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten und Qualitätssicherung der Überwachungsmessungen“, Berlin, 22.–24. Juni 1998

Schmidt, V.; Ullmann, W.; Hamel, P.

„Kalibrierung von Radon-Meßgeräten im Bundesamt für Strahlenschutz“. Workshop „Strahlenschutzüberwachung von Arbeitsplätzen mit erhöhten Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten und Qualitätssicherung der Überwachungsmessungen“, Berlin, 22.–24. Juni 1998

Schwedt, J.

Überwachung der Strahlenexposition durch Rn-222 und Rn-222-Zerfallsprodukte bei beruflichen Tätigkeiten. GSF-Radonkolloquium, München, 27. Januar 1998

Schwedt, J.

Berufliche Strahlenexposition durch Rn-222-Zerfallsprodukte. BfS-ST-Kolloquium, Berlin, 16. Februar 1998

Schwedt, J.

Berufliche Strahlenexposition durch Radon und Radonzerfallsprodukte - in Bergwerken, Schauhöhlen und anderen Einrichtungen. Fachseminar der LPS in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Strahlenschutz „Die natürliche Strahlenexposition des Menschen – ein Problem des Strahlenschutzes?“, Berlin, 17.–18. Juni 1998

Schwedt, J.; Ullmann, W.; Hamel, P.; Schmidt, V.

Übersicht über Methoden für orts- und personenbezogene Messungen von Radon und Radonzerfallsprodukten: Workshop „Strahlenschutzüberwachung von Arbeitsplätzen mit erhöhten Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten und Qualitätssicherung der Überwachungsmessungen“, Berlin, 22.–24. Juni 1998

Schwedt, J.

Überwachung von Arbeitsplätzen mit Expositionen durch kurzlebige Radonzerfallsprodukte. 3. Sitzung der Expertenkommission Strahlenschutzregister, München, 5.–6. November 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Schwedt, J.

Occupational Exposure to Radon Progeny: Miners and Water Station Workers: 2nd European ALARA Network Workshop, NRPB Chilton, UK, 23.–25. November 1998

Ullmann, W.

Aufgaben der Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten in den neuen Bundesländern auf dem Gebiet der Messung von Radon und Radonzerfallsprodukten.

10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.–30. April 1998

Ullmann, W.; Schmidt, V.; Hamel, P.

Kalibrierung von Radonzerfallsprodukt-Meßgeräten im Bundesamt für Strahlenschutz. Workshop „Strahlenschutzüberwachung von Arbeitsplätzen mit erhöhten Konzentrationen von Radon und Radonzerfallsprodukten und Qualitätssicherung der Überwachungsmessungen“, Berlin, 22.–24. Juni 1998

Ullmann, W.; Sardisong, U.

Retrospektive Expositionsermittlung unter Verwendung von bei der Wismut GmbH vorliegenden individuellen Expositions- und Tätigkeitsdaten für Uranbergarbeiter.

Sitzung des wissenschaftlichen Beirates der Fachbereiche Strahlenhygiene und Strahlenschutz des Bundesamtes für Strahlenschutz, Salzgitter, 10. Juli 1998

Wichterey, K.

Strahlenexposition der Bevölkerung Deutschlands durch natürliche Strahlung infolge von industriellen Arbeiten. 34. Berlin-Kolloquium, Schlema, 9. Oktober 1998

Winkelmann, I.; Thomas, M.; Hohmann, C.

Aerial survey of uranium mining areas. Symposium „Neuere Anwendungen und Entwicklungen von mobilen und luftgestützten Gammasspektrometrie-Systemen“. Stirling, UK, 15.–18. Juni 1998

Winkelmann, I.; Brummer, C.; Deller, A.; Thomas, M.

Survey of nuclear research site Karlsruhe. Symposium „Neuere Anwendungen und Entwicklungen von mobilen und luftgestützten Gammasspektrometrie-Systemen“. Stirling, UK, 15.–18. Juni 1998

Winkelmann, I.; Thomas, M.; Carloff, G.

Aerial Exercise in Germany in 1997. Symposium „Neuere Anwendungen und Entwicklungen von mobilen und luftgestützten Gammasspektrometrie-Systemen“. Stirling, UK, 15.–18. Juni 1998

Winkelmann, I.; Hartmann, M.; Naumann, M.

Intercomparison run of radionuclide measurements on water samples from an area with elevated natural radioactivity. Marina Balt Seminar, Stockholm/Schweden, 9.–11. Juni 1998

Winkelmann, I.; Brummer, C.; Buchröder, H.; Thomas, M.

In-situ gamma ray spectrometry for environmental radioactivity measurements. Regionaler IRPA-Kongreß, Stockholm/Schweden, 12.–13. Juni 1998

Winkelmann, I.

Einsatz von Flugspektrometern zur Bestimmung der Bodenkontamination. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München, 9. November 1998

Fachbereich Kerntechnische Sicherheit

Becker, D. E.

Das Konzept des Bundesamtes für Strahlenschutz zur Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr. PTB/BfS-Seminar BfS, Salzgitter, 5. Mai 1998

Becker, D. E.

Berufliche Strahlenexposition durch natürliche radioaktive Stoffe (außer Radon). Fachseminar Strahlenschutz der Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung von Mecklenburg-Vorpommern (LPS), Berlin, 17.–18. Juni 1998

Becker, D. E.

Occupational Radiation Exposure by Natural Radiation Sources. 2nd European ALARA Network Workshop on Good Radiation Practices in Industry and Research, NRPB-UK, 23.–25. November 1998

Berg, H. P.; Görtz, R.

Current Status of Regulatory Guidance for PSA Application in Germany. TOPSAFE '98, Valencia, 17. April 1998

Berg, H. P.; Schaefer, T.

Deterministic and Probabilistic Methods to Assess the Reliability of Structures and Components of Operating Nuclear Power Plants. ESREL '98 Conference: Safety and Reliability, Trondheim, 19. Juni 1998

Berg, H. P.

Current Topics on Improving PSA Insights for Reliability Considerations of Mechanical Components and Structures.

ESRA-Workshop on Reliability of Mechanical Components and Structures, Trondheim, 19. Juni 1998

Berg, H. P.; Görtz, R.

PSA as Part of Safety Reviews of Nuclear Power Plants in Germany. Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM 4), New York City, 16. September 1998

Berg, H. P.; Görtz, R.; Schaefer, T.

Regulatory Viewpoints of PSA in Germany. IAEA Technical Committee Meeting on „PSA Applications to Improve NPP Safety“, Madrid, 24. Februar 1998

Bröcking, D.; Görtz, R.

Herleitung von Freigabekriterien für Reststoffe. Seminar Stilllegung und Entsorgung von Nuklearanlagen, Technische Akademie Wuppertal, Wuppertal, 19. Februar 1998

Görtz, R.; Berg, H. P.; Feige, G.

Die Bedeutung der PSA für die Sicherheitsbeurteilung von Kernkraftwerken – Stand und Entwicklungslinien. Jahrestagung Kerntechnik '98, München, 27. Mai 1998

Görtz, R.; Berg, H. P.; Schott, H.

Die technischen PSA-Unterlagen zu den behördlichen Leitfäden zur PSÜ – Entwicklung, wesentliche Inhalte und Fortschreibung. Fachtagung Sicherheit und Zuverlässigkeit, Harald Meyer VDI, Darmstadt, 23. September 1998

Görtz, R.; Graf, R.; Weil, L.

Stilllegung kerntechnischer Anlagen: Radioaktive Ableitungen, Strahlenexposition des Personals, Risikobetrachtungen. Seminar Stilllegung und Entsorgung von Nuklearanlagen, Technische Akademie Wuppertal, Wuppertal, 18. Februar 1998

Mertens, J.-D.

Grundlagen Strahlenphysik. Umgang mit radioaktiven Stoffen. Grundsätze und Maßnahmen des Strahlenschutz Bundeskriminalamt Seminar „Umweltkriminalität“ Wiesbaden 21. Januar 1998 Wiesbaden 08. Oktober 1998

Schott, H.; Berg, H. P.

Development of Probabilistic Methods for Safety Assessment of Nuclear Power Plants. ENC '98, Nizza, 1998, 26. Oktober 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Weil, L.

Das „Illicit Trafficking Combating Programm der IAEA und des Weltzollverbandes WCO-Maßnahmen gegen den illegalen Umgang mit Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen.“
Vortrag im Rahmen des KT-Seminars am 22. Januar 1998

Weil, L.

The Decommissioning Guide – a Practical Help?
SFEN/ANS/ENS/NEA-Konferenz
„Le Démentèlement des Installations Nucléaires“
Avignon, 15.–18. März 1998

Weil, L.

Licensing and Regulatory Supervision:
Legal and Organizational Framework
Required Licensing Information and its Review (1)
Required Licensing Information and its Review (2)
German Case Examples for Evaluation of Technical Specifications and Site Properties
Vorlesungen im Rahmen des IAEA Interregional Training Course
„Regulatory Aspects and Safety Documentation of Research Reactors“
Argonne, USA und Chalk River, Kanada
18. Mai bis 5. Juni 1998

Weil, L.

Measures to Prevent Breaches in the Security of Radioactive Materials (from Production to Disposal), Experience with Criminal Acts Involving Radioactive Materials
Rapporteur's Overview and Summary
IAEA/WCO/Interpol-Konferenz
„Safety of Radiation Sources and Security of Radioactive Materials“
Dijon, Frankreich, 14.–18. September 1998

Weil, L.

Decommissioning of Nuclear Installations in Germany
Decommissioning Projects in Germany
Regulatory Framework
Licensing Procedures and Decommissioning Strategies
Review of Experience and Activities
– General Aspects NPPs and Research Reactors
– KRB-A Nuclear Power Plant Gundremmingen (D)
– KGR Nuclear Power Plant Greifswald (D)
– Decommissioning after Incidents and Accidents
– Specific Aspects – Research Reactors
– Costs and Funding
– Safe Enclosure

Radiological Aspects During Decommissioning – Overview
– Waste Management and Material Clearance
Vorlesungen im Rahmen des IAEA-„Regional Workshop on Decommissioning“
Ljubljana, November 17–19, 1998

Weil, L.

Measures Against Illicit Trafficking of Radioactive Materials and Nuclear Hazards in Germany
Vortrag im Rahmen des IAEA – „International Seminar on Safeguards Information, Reporting and Processing“.
Wien, 30. November bis 4. Dezember 1998

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Börst, F.-M.; Fasten, C.; Nitsche, F.; Schweer, H.-H.

Diverse Vorträge auf dem IAEA-Regional Training Course „Safe Transport of Radioactive Material“, Salzburger, 7.–25. September 1998

Börst, F.-M.; Rimpler, A.; Scheib, H.

Dose rate measurements of several transport and interim storage casks.

The 12th International Conference on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 98, Paris, France, May 10–15, 1998

Brennecke, P.

German approach to disposal of radioactive and non-radioactive waste from electricity generating systems.
IAEA, Technical Committee Meeting on the „Assessment and Comparison of the Impacts Associated with Waste Resulting from Energy Systems“, Vienna, September 14–18, 1998

Brennecke, P.

Overview on BfS program for radioactive waste disposal – High-level waste characterisation.
NWTRB – U.S. Nuclear Waste Technical Review Board, Visit to Germany from June 7–11, 1998, Gorleben, June 10, 1998

Brennecke, P.

Stand der nuklearen Entsorgung in Deutschland.
AFR, 66. Sitzung der Arbeitsgemeinschaft Forschungsreaktoren, Aachen, 5.–6. Mai 1998

Brennecke, P.; (vorgetragen von Martens, B.-R.)
Aufbau und Struktur von Endlagerungsbedingungen.

FZK-FTU, 9. Kurs über „Radioaktive Reststoffe und Abfälle“, Karlsruhe, 15.–19. Juni 1998

Brennecke, P.; Geiser, H.; Rittscher, D.

Technical und financial aspects of waste accep-

tance requirements and radioactive waste conditioning interaction.

DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998

Brennecke, P.; Martens, B.-R.; Tittel, G.

German plannings on co-location of LLW, ILW, HLW and spent fuel.
WM '98, Symposium on Waste Management 1998, Tucson (AZ), USA, March 1–5, 1998

Brennecke, P.; Odoj, R.; Petzold, G.

Harmonisierung und Zukunft der Abfallentsorgung.
DATF/KTG, Jahrestagung „Kerntechnik 98“, München, 26.–28. Mai 1998

Brennecke, P.; Thomauske, B.; Tittel, G.

Disposal of radioactive waste at the Gorleben site.

DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998
– Poster –

Ehrlich, D.; Brennecke, P.; Arens, G.

Sicherheitsaspekte bei der Endlagerung radioaktiver Stoffe aus der Sicht des BfS.
TÜV Akademie, Seminar 98: Neue Entwicklungen im Strahlenschutz, München, 25.–26. Juni 1998

Ehrlich, D.; Kunze, V.; Ibach, T. M.; Müller, W.
The Role of Volatile Radionuclides in the Safety Analysis of Underground Repositories.

DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, 9.–11. September 1998

Ehrlich, D.; Eigenwillig, G. G.; Reichert, A.; Schulze, H.

Sieben Fragen und sieben Antworten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland.
30. Jahrestag des Fachverbandes für Strahlenschutz gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz, Lindau, 28. September bis 2. Oktober 1998

Ehrlich, D.

Sicherheits- und Kostenaspekte bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle in Deutschland – Schwerpunkt Endlagerung.
Forum Entsorgungsaspekte für radioaktive Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland, Fachverband für Strahlenschutz e. V., Köln, 17. November 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Wissenschaftliche Vorträge bzw. Vorlesungen

Fasten, C.

Nationale und internationale Vorschriften zum Transport radioaktiver Stoffe; Genehmigungsverfahren nach § 4 Atomgesetz.
Forschungszentrum Karlsruhe, Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt, 2.–4. März 1998 und 21.–23. September 1998

Fasten, C.

Regelungen zum Transport radioaktiver Stoffe - Morgen besser als heute?
30. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Lindau, 28. September bis 2. Oktober 1998

Fasten, C.; Reculeau, J. Y.; Webster, A. R.

User-friendly structure of international regulations for the transport of radioactive material. The 12th International Conference on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 98, Paris, France, May 10–15, 1998

Heimlich, F.

Spent fuel management in Germany – Licensing of spent fuel storage facilities in Germany. International Symposium on Storage of Spent Fuel from Power Reactors (IAEA-SM-352/6), Vienna, Austria, November 9–13, 1998

Hoffmann, M.

Accreditation of qualified experts in Germany. International Congress „Legislation on Radio-protection in the European Union. Comparison and Proposal of Harmonization“, Bologna, October 27–28, 1998

Hoffmann, M.

Legislation on the transport of radioactive material in Germany. International Congress „Legislation on Radio-protection in the European Union. Comparison and Proposal of Harmonization“, Bologna, October 27–28, 1998

Hoffmann, M.

Umweltrecht für Nebenfachstudierende. Vorlesung an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster im Wintersemester 1997/1998 und 1998/1999.

Hossain, S.; Brennecke, P.; Illi, H.; Kunze, V.

Disposal of low-level radioactive waste in Germany. INEEL, 19th U.S. Department of Energy Low-Level Radioactive Waste Management Conference, Salt Lake City (UT), USA, November 10–12, 1998

Ill, H.

Ausgewählte Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle.
Vortragstagung der GDCh-Fachgruppe Nuclearchemie, Dresden, 7.–9. September 1998

Kühn, K.; Brennecke, P.

Internationale Endlager – eine realisierbare Möglichkeit?
DAfF/KTG, Jahrestagung „Kerntechnik 98“, München, 26.–28. Mai 1998

Martens, B.-R.

Methodology for the specification of waste acceptance criteria and quality assurance for radioactive waste packages.
Visit of Dr. Ching-Piao Hu and his delegation to the Morsleben site, July 31, 1998

Martens, B.-R.

Radioactive waste management situation in Germany.
Drittes Treffen des Radioactive Waste Technology Advisory Committee (WATAC) der IAEA, Wien, 19.–21. Oktober 1998

Martens, B.-R.

Radioaktive Reststoffe und Abfälle – Produktkontrolle.
FZK-FTU, 9. Kurs über „Radioaktive Reststoffe und Abfälle“, Karlsruhe, 15.–19. Juni 1998

Martens, B.-R.; Kunz, W.; Ledebrock, F. W.

Qualification of waste from reprocessing and fabrication of MOX fuel for disposal.
WM '98, Symposium on Waste Management 1998, Tucson (AZ), USA, March 1–5, 1998

Nies, A.; Bogorinski, P.; Storck, R.; Wollrath, J.

Report to PAAG of the German delegation. Fourteenth Meeting of the OECD/NEA Performance Assessment Advisory Group (PAAG), Paris, October 14–16, 1998

Nitsche, F.

Aufgaben und Praxis des BfS bei Genehmigungs- und Zulassungsverfahren für die Beförderung radioaktiver Stoffe.
ecomed-Spezialseminare für Gefahrgutexperten, Bad Honnef, 23. September 1998

Nitsche, F.

Die neuen IAEA-Empfehlungen zum Transport radioaktiver Stoffe und deren Umsetzung in die Praxis.
ecomed-Spezialseminare für Gefahrgutexperten, Bad Honnef, 23. September 1998

Nitsche, F.

Transport von radioaktiven Stoffen im Luftverkehr – Betrachtungen zur Sicherheit und Ausblick in die Zukunft.
1. Rhein-Main-Gefahrgutfachtagung für den Luftverkehr, Frankfurt/Main, 30. September 1998

Nitsche, F.

Wissenschaftlich-technische Probleme nuklearer Entsorgung – Strahlenbelastung und Strahlenschutz bei CASTOR-Transporten.

Akademietage der Polizei-Führungsakademie, Münster, 22.–25. Juni 1998

Noack, W.

Radioaktive Abfälle aus Kernanlagen.
Fachseminar Strahlenschutz für Betriebspersonal bei der Deutschen Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Morsleben, 11.–13. März 1998

Rivera, A.; Genter, M.; Klemenz, W.; Wollrath, J.

Three-dimensional simulation of coupled groundwater flow and salt transport in connection with radioactive waste repositories. Eleventh Pacific Basin Nuclear Conference (PBNC '98), Banff, Alberta, Canada, May 3–7, 1998

Suter, D.; Biehler, D.; Blaser, P.; Hollmann, A.

Derivation of a sorption data set for the Gorleben overburden.
DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998
– Poster –

Thomauske, B.

The German repository concept - Status and prospects.
DisTec '98, Disposal Technologies and Concepts 1998, International Conference on Radioactive Waste Disposal, Hamburg, September 9–11, 1998

Thomauske, B.

Zukunft der Einlagerungsprojekte in Deutschland.
13. Nationales Felsmechanik Symposium, Aachen, 23.–24. März 1998

Thomauske, B.; Tittel, G.

Realisierung des deutschen Endlagerkonzeptes im internationalen Vergleich.
VDI Düsseldorf, 3. April 1998

Wollrath, J.

Report from 2nd GEOTRAP Workshop, Barcelona, June 10–12, 1998.
Fourteenth Meeting of the OECD/NEA Performance Assessment Advisory Group (PAAG), Paris, October 14–16, 1998

Wollrath, J.; Klemenz, W.; Schelkes, K.

Groundwater flow paths in heterogeneous sediments above a salt dome significant for transport calculations – Identification, characterisation and parameter determination.
Third OECD/NEA GEOTRAP Workshop – Basis for Modelling the Effects of Spatial Variability on Radionuclide Migration, Barcelona, Spain, June 10–12, 1998

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Abkürzungen

AAPM

American Association of Physicists in Medicine

ABG

Allgemeine Berechnungsgrundlage

ACNW

Advisory Committee on Nuclear Waste

ACRS

Advisory Committee on Reactor Safeguards

ACSS

Advisory Commission on Safety Standards

AG

Arbeitsgruppe

AIDN

Association Internationale de Droit Nucléaire

AKI

Arbeitskreis Inkorporationsüberwachung des Fachverbands für Strahlenschutz

AKN

Arbeitskreis Notfallschutz

ALARA

As low as reasonably achievable (so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar)

ALF

Auslieferung in die Fläche (= Auslieferung der IMIS-Systeme an die Länderbehörden)

ALI

Annual limit of intake

AM

Accident Management

AMG

Arzneimittelgesetz

ANDRA

Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

ANF

(Firma) Advanced Nuclear Fuels GmbH

ANSI

American National Standard Institute

APC

Arbeitsplatzcomputer

ASME

American Society of Mechanical Engineers

ASSET

Assessment of Safety-Significant Events Team

AtG

Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz)

AtRAV

Atomrechtliche Reststoff- und Abfallverordnung

AtVfV

Atomrechtliche Verfahrensverordnung

AVK

Versuchsatomkraftwerk Jülich

AVR

Atomversuchsreaktor

AVV

Allgemeine Verwaltungsvorschrift

AWS

Anwendersoftware

BAM

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (Berlin)

BanM

Bundesanstalt für Milchwirtschaft, Kiel

BAU

Bundesanstalt für Arbeitsschutz

BayStMLU

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen

BBergG

Bundesberggesetz

BEZ

Brennelemente-Zwischenlager

BfArM

Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte

BfD

Bundesbeauftragter für Datenschutz

BfE

Bundesforschungsanstalt für Ernährung (Karlsruhe)

BfF

Bundesforschungsanstalt für Fischerei (Hamburg)

BfG

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Koblenz)

BfS

Bundesamt für Strahlenschutz (Salzgitter)

BGR

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

BLG

Brennelementelager Gorleben GmbH

BMBau

Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau

BMI

Bundesministerium des Innern

BMA

Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung

BMF

Bundesministerium der Finanzen

BMBF

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie

BMN

Bundesnetzagentur

BMU

Bundesministerium (oder Bundesministerin) für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

BMVg

Bundesministerium der Verteidigung

BMWi

Bundesministerium für Wirtschaft

BNFL

British Nuclear Fuel Ltd. (Risley, Warrington, UK)

BSH

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (Hamburg)

BSI

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik

BSS

Bonner-Spektrometer

BSiMLU

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen

BZA

Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH

BZS

Bundesamt für Zivilschutz (Bonn)

CAEA

Chinese Atomic Energy Authority

CDG

Carriage of Dangerous Goods

CEA

Commissariat à l'Energie Atomique (Paris)

CEC

Kommission der Europäischen Gemeinschaften

CENELEC

Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung (Brüssel)

CIE

Commission International de l'Éclairage

CIEG

Contract Implementation and Evaluation Group

CL

Chemolumineszenz

CM

Consultants Meeting

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Abkürzungen

CNRA Committee on Nuclear Regulatory Activities	DOE Department of Energy	EWN Energiewerke Nord GmbH
COGEMA Compagnie Générale des Matières Nucléaires (Betreiberin der französischen Wiederaufarbeitungsanlage)	DREF Dosisraten-Effektivitätsfaktor	FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations
CRPPH Committee on Radiation Protection and Public Health	DSK Deutsch-Schweizer Kommission für die Sicherheit Kerntechnischer Einrichtungen	FCKW Fluorchlorkohlenwasserstoff(e)
CSNI Committee on the Safety of Nuclear Installations	DWD Deutscher Wetterdienst (Offenbach)	FhG Fraunhofer-Gesellschaft (München)
DA Dienstanweisung	DWR Druckwasserreaktor	FINAS Fuel Incident Notification and Analysis System
DBE Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (Peine)	EBRD Europäische Bank für Wiederaufbau und Entwicklung	FISH Fluoreszent-in-situ-Hybridisierung
DBG Dauerbetriebsgenehmigung	EC Elektroneneinfang	FM Fremdmittel
DFN Deutsches Forschungsnetz	EDF Electricité de France	FS Fachverband für Strahlenschutz
DFF Dosisflächenprodukt	EDTA Äthylendiamin-tetraessigsäure	FSK Freisetzungskategorie
DFÜ Datenfernübertragung	EFTA European Free Trade Association	FV Forschungsvorhaben
DGE Deutsche Gesellschaft für Ernährung	EG Europäische Gemeinschaften (Brüssel und Luxemburg)	FTU Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz
DGMP Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik	EMR Elektromagnetische Reflexion	FÜS Nukleares Frühwarn- und Überwachungssystem
DGMS Deutsche Gesellschaft für Medizinische Soziologie	EMV Elektromagnetische Verträglichkeit	FZK Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
DGMSP Deutsche Gesellschaft für Sozialmedizin und Prävention	EN Europäische Norm	FZK-INE Forschungszentrum Karlsruhe – Institut für Nukleare Entsorgung
DGN Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin e. V.	EPR Europäischer Druckwasserreaktor	GAA Gesamt-Alphaaktivität
DGQ Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V., Frankfurt a. M.	EPRI Electric Power Research Institute	GARDS Globales Atmosphärisches Radioaktivitätsmeßnetz
DHA Department of Humanitarian Affairs (der Vereinten Nationen)	ERAM Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben	GAW Global Atmosphere Watch
DIL Derived Intervention Level	ESR Elektronenspinresonanz	GG Grundgesetz
DKFZ Deutsches Krebsforschungszentrum	ETSI Europäisches TELEKOM-Standardisierungs-Institut	GGVE Gefahrgutverordnung Eisenbahn
DLR Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e. V.	EU Europäische Union	GGVS Gefahrgutverordnung Straße
DNA Desoxyribonucleinsäure	EURATOM Europäische Atomgemeinschaft	GGVSee Gefahrgutverordnung See
	EURDEP European Union Radioactivity Data Exchange Platform	GHZ Große Heiße Zellen
	EVU Energieversorgungsunternehmen	GIK Gitterionisationskammer

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Abkürzungen

GJAZ

Grenzwert der Jahresaktivitätszufuhr

GKSS

Früher: Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH. Jetzt: GKSS – Forschungszentrum Geesthacht GmbH

GMBI.

Gemeinsames Ministerialblatt

GNS

Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (Hannover)

GRB

Gesellschaft zur Behandlung radioaktiver Abfälle in Bayern mbH

GRP

Groupe permanent chargé des installations de stockage à long terme de déchets radioactifs

GRS

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (Köln und Garching)

GSF

Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH (Neuherberg)

GUS

Gemeinschaft Unabhängiger Staaten

GVA

Gemeinsam verursachte Ausfälle

HAW

High Active Waste

HDR

Heißdampfreaktor

HPLC

High Pressure Liquid Chromatography

HTML

Hypertext Markup Language

HTR

Hochtemperatur-Reaktor

HVBG

Hauptverband der Gewerblichen Berufsgenossenschaften

IAEA

International Atomic Energy Agency (Wien)

IAG

IMIS-Arbeitsgespräch

IAR

Institut für Atmosphärische Radioaktivität (Freiburg)

IC

Innere Konversion

ICNIRP

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierenden Strahlen)

ICRP

International Commission on Radiological Protection

IFA

Ingenieurgesellschaft Agro Abwasser Baufinanz mbH

IFU

Institut für Umweltforschung

IGS

IMIS-Gesamt-System

IKS

IMIS-Kernsystem

IAG

IMIS-Arbeitsgespräch

IEC

International Electrotechnical Commission

IKE

Institut für Kernenergetik

ILO

International Labour Office

IMIS

Integriertes Meß- und Informationssystem

IMO

International Maritime Organization (London)

Imp

Impuls(e)

INDOS

Task Group on Internal Dosimetry

INES

International Nuclear Event Scale

INIRC

Internationales Komitee für nichtionisierende Strahlen (der IRPA)

INLA

International Nuclear Law Association

INIS

International Nuclear Information System, Wien

INSAG

International Nuclear Safety Advisory Group

INWAC

International Radioactive Waste Management Advisory Committee (der IAEA)

IPSN

Institut de Protection et Sûreté Nucléaire

IRM

Ionisationsrauchmelder

IRPA

International Radiation Protection Association

IPSN

Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire

IRRT

International Regulatory Review Team

IRS

Incident Reporting System (der IAEA)

ISH

Institut für Strahlenhygiene (Neuherberg)

ISO

International Standard Organization

ISOE

Informationssystem über berufliche Strahlenexposition (in Kernanlagen)

ISSM

IMIS SAS Session Manager

IT

Informationstechnik

JAZ

Jahresaktivitätszufuhr

KBSt

Koordinierungs- und Beratungsstelle (der Bundesregierung für Informationstechnik in der Bundesverwaltung)

KBV

Kassenärztliche Bundesvereinigung

KDM

Knochendichtemessung

KFÜ

Kernkraftwerksfernüberwachung, Kernreaktorfernüberwachung

KKW

Kernkraftwerk

KR

Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken

KTA

Kerntechnischer Ausschuß

KTG

Kerntechnische Gesellschaft

LAA

Länderausschuß für Atomkernenergie

LAN

Local Area Network

LDZ

Landesdatenzentrale(n)

LET

Linearer Energietransfer

LIS

Landeseigene IT-Systeme

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Abkürzungen

LLNL Lawrence Livermore National Laboratory	MWMT Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie, Nordrhein-Westfalen	NUS Neue Gemeinschaft Unabhängiger Staaten
LMS_t Landesmeßstellen	MZK Maximal zulässige Konzentration	NUSS Nuclear Safety Standards (der IAEA)
LOI Letter of intent	NAGRA Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Baden)	NUSSAG Nuclear Safety Standards Advisory Group
LPS Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung	NBL Neue Bundesländer	NWG Nachweisgrenze
LSA Low specific activity material	NCRP U.S. National Committee on Radiation Protection	OBA Oberbergamt
LSC Liquid Scintillation Counter	NCS Nuclear Cargo and Service	OD Optische Dichte
LSG Lager- und Sicherungsservice GmbH (Weseling)	NDKK Niederländisch-deutsche Kommission für grenznahe kerntechnische Einrichtungen	ODL Ortsdosisleistung
LSS_t Landessammelstelle	NEA Nuclear Energy Agency (der OECD)	OECD Organization for Economic Co-operation and Development (Paris)
LSt Leitstelle(n)	NIRLI Non Ionizing Radiation Literature	OLIS Online-Informationssystem
LVS Lauf- und vorführfähiges System	NIS-Zert Stabsstelle zur Zertifizierung von Qualitätssicherungssystemen nach DIN EN ISO 9001 bis 9003 innerhalb der NIS-Ingenieurgesellschaft mbH, Hanau	ORM Operational Reactivity Margin
LWGR Light water cooled graphite moderated reactor (Leichtwasser-Graphit-Reaktor)	NLFB Niedersächsisches Landesamt für Bodenfor-schung (Hannover)	ORN_L Oak Ridge National Laboratories
LWR Leichtwasserreaktor	NMR Nuclear magnetic resonance	OSART Operational Safety Review Team
MA Minor Actinides	NMU Niedersächsisches Umweltministerium	OVG Oberverwaltungsgericht
MED Minimale Erythemdosis	NN Normalnull	PAAG Performance Assessment Advisory Group
MNK Maßnahmenkatalog	NPP Nuclear Power Plant	PAHO Pan American Health Organization
MOES Mittel- und osteuropäische Staaten	NRPB National Radiological Protection Board	PAMELA Pilotanlage MOL zur Herstellung endlagerfähiger Produkte
MOX Mixed oxide fuel (Mischoxidbrennstoff)	NRC Nuclear Regulatory Commission, Washington, D. C. (Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde für kerntechnische Anlagen in den USA)	PARK Programm zur Abschätzung und Begrenzung radiologischer Konsequenzen
MPG Medizinproduktegesetz	NRWG Nuclear Regulators Working Group	PE Polyäthylen
MRI Magnetic resonance imaging	NUKEM Nuklear-Chemie und -Metallurgie GmbH (Hanau)	PET Positronen-Emissions-Tomographie
MRLU ST Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt	NUPEC Nuclear Power Test Center	PfP Partnership for Peace
MRS Magnetic resonance spectroscopy		PKA Pilot-Konditionierungsanlage
MSC Maritime Safety Committee		PKS Produktkontrollstelle
MTRA Medizinisch-technischer Radiologie-Assistent		PMMA Polymethylmethacrylat
		PÖ Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Abkürzungen

PSA

Probabilistische Sicherheitsanalyse

PSÜ

Periodische Sicherheitsüberprüfung

PTB

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Braunschweig und Berlin)

PUREX

Plutonium Uranium Refining Extraction

PWR

Pressurized Water Reactor (Druckwasserreaktor)

QS

Qualitätssicherung

QSU

Qualitätssicherungsüberwachung

R7/T7-Anlage

Verglasungsanlagen der COGEMA für Spaltproduktlösungen in La Hague

RADWASS

Radioactive Waste Safety Standards

RAPAT

Radiation Protection Advisory Team (der IAEA)

RASSAC

Radiation Safety Standards Advisory Committee

RBMK-1000

Russischer graphitmoderierter Siedewasser-Druckröhrenreaktor mit einer elektrischen Leistung von 1000 MW

RBÜ

Reaktor-Brennelement Union GmbH

RBW

Relative Biologische Wirksamkeit

RCM

Reliability Centered Maintenance

RDB

Reaktordruckbehälter

RDBMS

Relationales Datenbank-Managementsystem

RFM

Risk Focused Maintenance

REI

Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen

RESA

Reaktorschnellabschaltung

RöV

Röntgenverordnung

RSK

Reaktor-Sicherheitskommission

RSWG

Reactor Safety Working Group

RWMAC

(UK) Radioactive Waste Management Advisory Committee

RWMC

Radioactive Waste Management Committee (der OECD/NEA)

SAAS

Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz der ehemaligen DDR (Berlin)

SAGSTRAM

Standing Advisory Group on the Safe Transport of Radioactive Material

SAR

Spezifische Absorptionsrate

SAS

Statistical Analyzing System (Statistik-Software)

SBG

Spezielle Berechnungsgrundlage

SBI

Sonnenbrand-Index

SC

Standing Committee

SCNE

Steering Committee for Nuclear Energy

SCO

Surface contaminated object

SDAG

Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft WISMUT

SEDE

Site Evaluation and Design of Experiments for Radioactive Waste Disposal

SEE

Specific Effective Energy

SHB

Sicherheitsbehälter

SPECT

Single Photon Emission Computed Tomography

SSK

Strahlenschutzkommission

STN

Scientific & Technical Information Network

StrlSchV

Strahlenschutzverordnung

StrVg

Strahlenschutzvorsorgegesetz

SWR

Siedewasserreaktor

TA

Technische Anleitung

TABS

Tabellarische Darstellungen mittels SAS

TBL

Transportbehälterlager

TC

Technical Committee

TCM

Technical Committee Meeting

TF

Transferfaktor

TG

Trockengewicht

TH

Technische Hochschule

THTR

Thorium high-temperature reactor (Thorium-Hochtemperaturreaktor)

TLD

Thermolumineszenzdosimeter, Thermolumineszenzdosimetrie

TMI

Three Mile Island

TNH

Transnuklear Hanau

TP

Teilprojekt

TPA

Technischer Projektausschuß

TTL

Transistor-Transistor Logik

TU

Technische Universität

TÜV

Technischer Überwachungsverein e. V.

UBA

Umweltbundesamt

UFO

Umweltforschung

UKA

Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen

UKAEA

United Kingdom Atomic Energy Authority

UN-ECOSOC

United Nations Economic and Social Council

UNEP

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

Äquivalenz ET 37
Abfallmanagement ET 37, ET 38
Abfälle aus der Wiederaufarbeitung ET 30
Abfallgebinde ET 33
Abgebrannte Brennelemente ET 17
Abwässer ST 37
Acerinox in Algeciras S 66
Aerogammaspektrometrie ST 42, ST 62
Aktivitätsinventar ET 20
Aktivitätskonzentrationen des Cs-137 S 66
Alarmhandbuch S 39
Alarmorganisation S 39
A.LAS.KA A 14, ST 5
Alphastrahler ST 52
Am-241 ST 37
Anwenderbetreuung S 44
Atombombentests S 22
Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung KT 6
Aufkonzentrationsfaktor ST 17
Ausbreitungsmodelle S 35
Ausnutzungsgrad ET 29
Ausscheidung, Untersuchung der ST 32

B

Bauartprüfung ET 31
Behälterkonzept ET 19
Berlin-Kolloquium ST 55
Berufliche Strahlenexposition, KKW (ISOE-Programm) ST 58
Besondere Vorkommnisse, Datenbank ST 11
Besondere Vorkommnisse, medizinischer Bereich ST 48
Besondere Vorkommnisse, nichtmedizinischer Bereich ST 48
Beyond-Mail S 45
BfS A 10
BfS-Netzwerk S 45
Biologische Dosimetrie S 53
Brände in Tunneln ET 32
Br-Gehalte ET 17
Bürgertelefon A 13

C

C-14 ST 39, ST 40
C-14, Probenentnahme und Messung ST 59
CASTOR, Behälter ST 46

Chemische Analyse ET 16
Chromosomen S 13, S 53
Chromosomenaberrationen S 13
Chromosomenanalyse S 11, S 12, S 53
CoDecS S 69
Comet-Assay S 15, S 16, S 17
Cs-137 ST 22, ST 41

D

Datenbank ET 15
Datenbankadministration S 44
Datenbank, bergbauliche Hinterlassenschaften ST 3
Datenbank, radioaktive Emissionen ST 63
Datenbank-Programmentwicklung ST 64
Datenbankverwaltung S 44
Deutsch-amerikanische Zusammenarbeit ET 42
Diagnostische Referenzwerte A 12
DNA-Schäden S 14, S 17
Dosimetrie, innere ST 59
Dosimetrische Meßverfahren, Standardisierung ST 4
Dosiskoeffizienten S 53, S 54
Dosis-Rekonstruktion S 54

E

ECURIE S 69
Einschätzung der Strahlungssituation ST 57
Elektroenzephalogramm S 31
Elektromagnetische Felder A 13, S 55
Emissionen: Luft ST 3
Emissionen: Wasser, Sediment ST 3
Emission KKW, Kontrolle der Eigenüberwachung ST 56
Emissionsmessungen bei kerntechnischen Anlagen A 9
Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen ST 3
Emissionsüberwachung, Abwasser KKW ST 56
Emissionsüberwachung KKW ST 9
Endlagerung radioaktiver Abfälle A 14
Endlagerungsbedingungen ET 34, ET 39
Endlagerung Wirtsgestein Salz ET 42
Entsorgung ET 40
Entsorgung radioaktiver Abfälle ET 40, ET 41
Epidemiologie A 11
ERAM ET 19, ET 20, ET 29
Erhebung radioaktiver Reststoffe ET 27
Ergänzung der Endlagerungsbedingungen ET 20
Erkundungsbergwerk ET 15
Eu-152 ST 44
Exposition S 22

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Stichwortverzeichnis

Exposition, chronische ST 62
Exposition der Bevölkerung ST 55
Exposition der Bevölkerung, Regulierung ST 55
Exposition, retrospektive ST 27
Extraktionschromatographie ST 37

F

Fachinformationssystem bergbaubedingte Umweltradioaktivität (FbU) A 8
Fachinformationssystem (FbU), Umweltradioaktivität bergbauliche ST 6
Fachinformationssystem zur bergbaubedingten Umweltradioaktivität (FbU) A 12
Fernerkundung S 34
Flüssig-Szintillationsmessungen ST 34
Folgedosis, effektive ST 53
Formatanforderung, (INKFORM) ST 43
Fortluft ST 39
Freigabewerte ST 58
Freisetzungsraten ET 23

G

Gasbildung ET 23
Genehmigung der Beförderung A 10
Genetische Interpretation ET 16
Genetische Prädisposition S 15
Geophysikalische Methoden ET 31
Geosphäre ET 36
Glasfasernetzwerk S 45
Gorleben A 9, A 15, ET 13, ET 16
Gorlebener Rinne ET 11
Großpumpversuch ET 11
Grundpegelmessungen ST 22
Grundwasser ET 12
Grundwasseralter ET 26
Grundwasserbewegung ET 13, ET 26

H

H-3 ST 39
Halde ST 29
Harmonisierung ET 37
Hinterlassenschaften, bergbauliche ST 17
Hinterlassenschaften, Bewertung bergbaulicher ST 2
Hirnstromaktivität S 31, S 33
Hochfrequente elektromagnetischen Felder S 31
Hydraulische Systemparameter ET 11

I

IAEA ET 39, ET 40
IMIS A 8, A 12, A 14
IMIS-Benutzergruppe S 44
IMIS-Daten S 42
IMIS-kompatiblen Erfassung von REI-Daten S 41
IMIS-Schulungen S 44
IMIS-Übung S 40, S 64
Indikator ET 41
INEX 2000 S 70
INEX-Übungen ST 58
Inkorporationsdatenbank ST 44
Inkorporationsmeßstellen ST 34
Inkorporationsmeßstellen, Anforderungen ST 35
Inkorporationsmessungen ST 4
Inkorporationsmessungen, Personen ST 44
Inkorporationsüberwachung A 7
IRIS A 8
In-situ-Gammaspektrometrie ST 40, ST 63
In-situ-Spektrometrie ST 29, ST 59
International Nuclear Event Scale (INES) KT 6
Internet A 11, A 13
Interventionsrichtwerte ST 58
Interventionssituationen ST 62
In-Vivo-Messungen ST 27
Isolationpotential ET 17
ISO-Norm 2889, Probeentnahme Fortluft ST 62
IT-Allgemein S 45

J

„Jahr-2000-“ oder „J2k-Problem“ KT 14
Jahresdosen, effektive ST 19
Job-Exposure-Matrix – JEM A 12

K

Kernkraftwerke ST 39
Kernmaterialüberwachung ET 31
kerntechnische Anlagen S 57
Kerntechnischer Ausschuß (KTA) A 5, A 10
Kerntechnische Sicherheit A 9
Kerntechnischer Unfall S 39
Kernwaffenfallout S 68
Kernwaffenteststoppabkommen A 12
Klassifizierung ET 37

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Stichwortverzeichnis

Kleincontainer ET 20
Klient-Server-Struktur S 42
Klinische Prüfung S 26
KKW Sosnovy Bor S 58
Kollimator ST 41
Konditionierung ET 29, ET 40
Konrad A 9, A 16
Kontaminierte Landstriche ET 38
Kontaminierte Gebiete ST 57
Korngrößenfraktion ST 17
Kr-85 S 67
Kritikalitätssicherheit ET 18
Krypton-85 Untergrundpegel S 67

L

Laserstrahlung S 55
Leitstelle der Umweltradioaktivität in Wässern ST 3
Leitstelle, Radioaktivitätsüberwachung bergbauliche ST 3
Literaturdatenbank S 33
Lösungsverzeichnis ET 15
Lösungsvorkommen ET 15
Lösungszufluß ET 25
Lungenkrebsrisiko S 21

M

Mailsystem S 45
Mechanische Beaufschlagung ET 33
Meßbedingungen, Gewährleistung einheitlicher ST 8
Meßdaten, Auswertung ST 42
Meßdaten, Speicherung ST 42
Meßergebnisse, dosimetrische Bewertung ST 45
Meßprogramme, Bewertung ST 5
Meßstation Schauinsland S 66
Meßstellen ST 36
Meßstellen, Anforderungen an ST 13
Meßsysteme für Hubschrauber A 8
Meßvergleich, Umweltradioaktivität ST 59
Metamorphoselösungen ET 25
Migration S 42, S 44
Mobilfunk A 8
Mobiltelefone S 33
Modellrechnungen ET 13, ET 36
Moderation ET 19
Morsleben A 9, A 16
MR-Bildgebung S 33
MS-Office-95-Paket S 45

N

Nachbetriebsphase ET 17
Nachhaltige Entwicklung ET 41
Natürliche Radionuklide ST 29, ST 32, ST 36
Natürliche Strahlungsexposition ST 22
Nichtionisierende Strahlung (NIR) A 8
Nichtradioaktive toxische Abfälle ET 38
Nieder- und hochfrequente elektromagnetische Felder S 33
Niederschläge S 66
Neutronen-Dosisleistung, Meßergebnisse ST 46
Neutronenortsdosimeter, Ansprechvermögen ST 47
Notfallschutz A 8
Nukleare Nachsorge KT 5
Nukleare Sicherheit A 9
Nuklearmedizinische Untersuchungen S 24
Nuclear Safety Standards Advisory Committee – NUSSAC KT 21
Nuklearspezifische Gefahrenabwehr A 9, KT 11

O

Oberflächenkontamination ST 51
ODL, Grundpegelmessungen ST 10
ODL-Meßnetz A 5, A 10, S 63
ODL, nuklidspezifische ST 31
ODL ST 22
Optimierung des Strahlenschutzes S 56
Organisation A 10
OSPAR-Übereinkunft ST 63

P

Paragraph 3-Daten S 40
Paragraph 41 StrlSchV S 26
Patientenschutzrichtlinie A 7, ST 55
Pb-210 ST 27
Pb-210-Schädelmessungen ST 11
Peer Review S 57
Pilze S 58
Plutonium ST 37
Probabilistische Sicherheitsanalyse KT 4
Probenentnahme, Fortluft aus KKW ST 62
Produktkontrolle ET 29

Q

Qualitätskontrolle S 29

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Stichwortverzeichnis

Qualitätsmanagementsystem, DIN EN 45001 ST 14
Qualitätssicherung A 7, S 29
Qualitätssicherung, DIN EN 45001 ST 15
Qualitätssicherung, Messung von Radon und Zerfallsprodukten ST 8
Qualitätssicherung, Radioaktivitätsbestimmung natürliche ST 3
Qualitätsüberwachung A 8, A 9

R

Radioaktive Abfälle ET 19
Radioaktive Abfallgebinde ET 32
Radioaktive Stoffe S 26
Radioaktive Stoffe, Inhalation ST 52
Radiocäsium S 58
Radiojod S 66
Radionuklide im Boden ST 40
Radionuklidmeßnetze A 8
Radionuklidtransport ET 36
Radon A 8
Radon-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft ST 23
Radon an Arbeitsplätzen ST 56
Radon in Gebäuden ST 61
Radon im Trinkwasser ST 19
Radon, langlebige Zerfallsprodukte ST 26
Radon, passives Meßsystem ST 14
Radonexposition ST 14
Radonexposition, Arbeitsplätze ST 58
Radonexposition in Gebäuden ST 26
Radonexposition, retrospektive ST 26, ST 60
Radonkonzentration in Wohnhäusern ST 23
Radonmessungen A 8
Radonpotential, geogenes ST 23
Reaktionszeit S 33
Reaktorkatastrophe, ungelöste Probleme ST 57
Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) A 5, A 10
REI Bergbau, Bestimmung natürlicher Radionuklide ST 56
REI-Daten S 41
Referenzwerte A 7
Ressortforschung A 11
Resuspensionsfaktor ST 52
Richtlinie 96/29 EURATOM ST 55
Ringvergleich ST 40
Ringversuch, Abwasser KKW ST 56
Ringversuche ST 60
Ringversuch, Kohlenstoff-14 in Urin ST 34
Ringversuch, Thoriumisotope in Urin ST 34
Risikokommunikation ST 57
Risiko-Management, Arbeitsgruppe ST 58
Röntgendiagnostik A 7

Rückhalteeigenschaften ET 23
Russische Föderation S 58

S

Salinare Lösungen ET 15, ET 16
Salinare Gesteine ET 16
Salinitätsuntersuchungen ET 26
Salzlösungen ET 22
Salztransport ET 13
Schausland S 68
Schlema A 5, A 16
Schnellinformationsabkommen S 69
Schutz der Bevölkerung, chronische Exposition ST 58
Schutz der Meeresumwelt ST 61
Schutz vor optischer Strahlung ST 55
Schwefel-34 Isotope ET 12
Semipalatinsk S 37
Sicherheitsanalyse ET 23, ET 39
SODAR S 34
Spezialcontainer ET 20
Spezifikationen für Abfallgebinde ET 39
SQL-Kurse S 44
Sr-90 ST 32
Staatliches Verwahrager A 5
Staßfurt-Steinsalz ET 16
Statistische Auswertung, DIN 38 402, Teil 42 ST 35
Störfallanalyse ET 33
Störfallmeldestelle KT 6
Strahlenbelastung S 37
Strahlenexposition S 11, S 15, S 24, S 53
Strahlenexposition am CASTOR ST 11
Strahlenexposition, berufliche ST 8, ST 51
Strahlenexposition, der Bevölkerung ST 2, ST 19, ST 51
Strahlenexposition, in Gebäuden ST 7
Strahlenexposition, natürliche Radionuklide ST 4
Strahlenexposition, Radonzerfallsprodukte ST 60
Strahlenkrankheit S 23
Strahlenmessung aus der Luft ST 9
Strahlenrisiko S 18, ST 57
Strahlenschutz, chronische Exposition ST 57
Strahlenschutzentscheidungen, soziale Aspekte ST 58
Strahlenschutzkommission (SSK) A 5, A 10
Strahlenschutzregister A 7, S 23
Strahlenschutzregister des BfS ST 43
Strahlenschutz, soziale Aspekte ST 57
Strahlenschutz-Training S 56
Strahlenschutzüberwachung, Richtlinien ST 13
Strahlentherapiepatienten S 13
Stromerzeugung ET 38
Stuhl ST 32

Das Bundesamt für Strahlenschutz

Stichwortverzeichnis

T

Technologien bei der Entsorgung ET 39
Thermolumineszenz-Dosimetrie S 37
Thorium-Isotope ST 37
Translokationen S 11
Trockene Depositionen S 66
Tumorsuppressoren p53 S 14

U

Übereinkommen über nukleare Sicherheit („Convention on Nuclear Safety“) KT 7
Überwachung der Umweltradioaktivität S 42, S 57, S 58
Überwachung, Fortluft aus KKW ST 59
Überwachungsprogramme ST 44
Ultraschall S 33
Ultraviolette Strahlung S 29, S 34
Umweltradioaktivität A 8, A 10, ST 2
Umweltradioaktivität, Strahlenmessungen aus der Luft ST 63
Umweltradioaktivitätsmessung, störfallbedingte Freisetzung ST 63
Untertagefeld ET 20
Uran ST 37
Uran-Bergarbeiterstudie A 7, A 11, S 17
Urin ST 32
UV-Index (UVI) A 13
UV-Meßnetz S 29
UVNV S 68

V

Verfügbare Rechenprogramme ET 32
Verfüllmaterial ET 23
Vergleichende Risikobetrachtungen ET 38
Vergleichsanalyse, Boden ST 36

W

Wärmeübertragung ET 32
Wasserstoff ET 22
Wasserstoffbildung ET 22
WATAC ET 40
Windows NT 4.0 Workstation S 45
Wirkung kleiner Dosen ST 58
Wismut S 17, S 21
Wissenschaftlicher Beirat A 11

Z

Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung (ZfP) KT 13
Zwischenlagerkapazitäten ET 29
Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen A 10