



# JAHRESBERICHT 2008



Bundesamt für Strahlenschutz

**IMPRESSUM:**

**Herausgeber:** Bundesamt für Strahlenschutz  
Postfach 100149  
D-38201 Salzgitter  
Telefon: +49(0)30 18333-0  
Telefax: +49(0)30 18333-1885

**E-Mail:** [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)

**Internet:** [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

**Redaktion:** Lutz Ebermann

**Gestaltung/Druck:** MAREIS DRUCK GmbH  
Zeissstraße 8  
89264 Weißenhorn

**Fotos:** BfS  
und genannte Quellen

Bundesamt für Strahlenschutz (2009)

# INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort .....	5
<b>STILLEGUNG DES ENDLAGERS FÜR RADIOAKTIVE ABFÄLLE ASSE .....</b>	<b>7</b>
<b>WEITERE ARBEITSSCHWERPUNKTE DES BfS .....</b>	<b>14</b>
<b>Stand der Umrüstung der Schachanlage Konrad in ein Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung .....</b>	<b>14</b>
<b>Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm - Zusammenfassung der Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Ausblick .....</b>	<b>17</b>
<b>Natürliche und künstlich erzeugte ultraviolette Strahlung .....</b>	<b>22</b>
<b>Die Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser in Deutschland .....</b>	<b>24</b>
<b>Häufigkeit von Krebs bei Kindern in der Umgebung von Kernkraftwerken - Die KiKK-Studie .....</b>	<b>26</b>
<b>AUSGEWÄHLTE EINZELTHEMEN .....</b>	<b>31</b>
<b>Schutz vor ionisierender und nichtionisierender Strahlung .....</b>	<b>31</b>
Netzwerke Biologische Dosimetrie für einen großen Strahlenunfall .....	31
Häufigkeiten und Dosis röntgendiagnostischer Maßnahmen in zehn europäischen Ländern .....	33
Die deutsche Uranbergarbeiterstudie - Ergebnisse zum radonbedingten Risiko für bösartige Tumoren außerhalb der Lunge .....	35
<b>Schutz vor Radioaktivität in der Umwelt .....</b>	<b>37</b>
Neues Modell zur Berechnung der Ausbreitung von Radionukliden in der Atmosphäre .....	37
Ableitungen von radioaktiven Stoffen aus Kernkraftwerken im Normalbetrieb .....	39
Modellierung des Wasserpfades im Bereich der Freigabe schwach radioaktiver Stoffe .....	42
Harmonisierung von Ortsdosisleistungs-Messdaten auf europäischer Ebene .....	43
Zertifizierung von Edelgasstationen für die Überwachung des Kernwaffenteststoppabkommens .....	45
Internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr .....	47
<b>Sicherheit in der Kerntechnik .....</b>	<b>49</b>
Übereinkommen über nukleare Sicherheit: BfS beteiligt sich am vierten Überprüfungsprozess .....	49
Dokumentation der in den deutschen Kernkraftwerken erzeugten Strommengen .....	50
Meldepflichtige Ereignisse 2008 - Teil der Betriebserfahrungen .....	52
Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz .....	53
Weiterentwicklung periodischer Sicherheitsüberprüfungen auf internationaler Ebene .....	54

<b>Entsorgung radioaktiver Abfälle</b> .....	57
Transport und Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen und Kernbrennstoffen .....	57
Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) .....	62
Endlagerung Wärme entwickelnder Abfälle – Sicherheitsanforderungen .....	63
Vergleichende Sicherheitsanalysen (VerSi) für Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle .....	64
Internationales Endlagersymposium, Berlin, 2008 .....	67
Endlagerung Wärme entwickelnder Abfälle – Internationaler Stand .....	68
<b>Der Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums – Forschung für die Verbesserung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes</b> .....	71
Bedeutung des Aufbaus einer Biobank von ehemaligen Wismutbeschäftigten für den Strahlenschutz .....	72
Aussagekraft verschiedener molekularer Testsysteme zur Charakterisierung der Strahlenempfindlichkeit .....	73
Erblichkeit von zellulärer Strahlenempfindlichkeit bei jungen Lungenkrebspatienten .....	74
Sicherheitsnachweis für rechnergestützte Sicherheitsleittechnik mit vorgefertigter Software zum Einsatz in Kernkraftwerken .....	76
<b>BfS: FAKTEN UND ZAHLEN</b> .....	79
<b>PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT</b> .....	81
<b>PUBLIKATIONEN</b> .....	88
<b>ABKÜRZUNGEN</b> .....	94

# CONTENTS

Preface.....	5
<b>DECOMMISSIONING OF THE ASSE REPOSITORY .....</b>	<b>7</b>
<b>FURTHER TOPICAL WORKING AREAS OF BfS .....</b>	<b>14</b>
<b>Status of Conversion of the Konrad Mine into a Repository for Radioactive Wastes with Negligible Heat Generation.....</b>	<b>14</b>
<b>The German Mobile Telecommunication Research Programme – Results and Follow-up, Summary of Results, Conclusions, and Perspectives .....</b>	<b>17</b>
<b>Natural and Man-Made Ultraviolet Radiation.....</b>	<b>22</b>
<b>Radiation Exposure by Natural Radionuclides in Drinking Water in Germany .....</b>	<b>24</b>
<b>Frequency of Childhood Cancer in the Vicinity of German NPPs – The KiKK Study.....</b>	<b>26</b>
<b>SELECTED WORKING AREAS OF BfS.....</b>	<b>31</b>
<b>Protection from Hazardous Effects of Ionizing and Non-ionizing Radiation .....</b>	<b>31</b>
Biological Dosimetry Networks for Use in a Large-Scale Radiation Accident.....	31
Frequencies and Doses from Medical X-rays in Ten European Countries.....	33
The German Uranium Miners Cohort Study – Results on the Risk for Extrapulmonary Cancers due to Radon .....	35
<b>Protection from Environmental Radioactivity.....</b>	<b>37</b>
A New Model for the Dispersion of Radionuclides in the Atmosphere .....	37
Emissions of Radioactive Discharges from Nuclear Power Plants During Normal Operation .....	39
Modelling of the Water Pathway Relating to the Clearance of Weakly Radioactive Materials.....	42
Harmonisation of Gamma Dose Rate Data on the European Scale .....	43
Certification of Noble Gas Stations for Monitoring the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty .....	45
International Cooperation in the Field of the Defence Against Nuclear Hazards .....	47
<b>Nuclear Safety .....</b>	<b>49</b>
Convention on Nuclear Safety: BfS Participated in the 4th Review Process .....	49
Documentation of Electricity Produced in German Nuclear Power Plants.....	50
Reportable Events 2008 as Part of Operational Experience .....	52
The Handbook on Nuclear Safety and Radiation Protection.....	53
Further Development of Periodic Safety Reviews on the International Level.....	54

<b>Management of Radioactive Wastes</b> .....	57
Transport and Interim Storage of Radioactive Waste and Nuclear Fuels .....	57
Morsleben Repository for Low and Intermediate Level Radioactive Waste .....	62
Disposal of Heat-generating Waste – Safety Requirements .....	63
Comparing Safety Assessments for Repositories for Heat-generating (High-Level) Radioactive Waste .....	64
International Radioactive Waste Disposal Symposium 2008, Berlin .....	67
International Status of Disposal of High-Level Radioactive Waste .....	68
<b>The Environmental Research Programme of the Federal Environmental Ministry – Research for Enhancing Nuclear Safety and Radiological Protection</b> .....	71
Importance of a Biobank from Former Uranium Workers of the Wismut AG for Radiation Protection .....	72
Validity of Different Molecular Biomarker for the Investigation of Cellular and Clinical Radiosensitivity .....	73
Heritability of Cellular Radiation Sensitivity in Young Lung Cancer Patients .....	74
Safety Demonstration for the Application of Computer-based Safety I&C with Pre-existing Software in Nuclear Power Plants .....	76
<b>BfS: FACTS AND FIGURES</b> .....	79
<b>PRESS AND PUBLIC RELATIONS</b> .....	81
<b>PUBLICATIONS</b> .....	88
<b>ABBREVIATIONS</b> .....	94

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

nach der rechtskräftigen Entscheidung des Bundesverwaltungsgerichtes im März 2007, die den Weg für die Errichtung eines Endlagers für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung freigemacht hatte, stand das Jahr 2008 für das BfS im Zeichen des Beginns der Bauarbeiten in der Schachanlage Konrad. 2008 haben wir einen wichtigen Schritt in Richtung auf die Menschen in unserer Region gemacht. Eine umfassende Information über das geplante Endlager bietet das BfS mit der im Mai eröffneten Informationsstelle in der Stadtmitte von Salzgitter. Wir sehen uns in der Pflicht, uns auch in Zukunft sorgfältig mit allen Sicherheitsfragen auseinanderzusetzen und die Situation kontinuierlich zu bewerten. Ich stehe Fragen und Kritik offen gegenüber, denn mir ist bewusst, dass wir nur mit Transparenz und Dialogbereitschaft Vertrauen schaffen können.

Dies zeigt sich auch an den positiven Reaktionen der Öffentlichkeit auf die Entscheidung, dem BfS die Verantwortung für die Schachanlage Asse bei Wolfenbüttel zu übertragen. Schon 2008 hat das BfS einen wesentlichen Einsatz zur Klärung der Situation und Beratung des früheren Betreibers geleistet. Seit Januar 2009 stellt sich das BfS nach der Entscheidung der Bundesregierung dieser ganz besonderen Aufgabe als Betreiber der Anlage. Durch den Betreiberwechsel vom Helmholtz Zentrum München zum BfS ist der Weg frei für eine Stilllegung der Asse nach Atomrecht. Damit ist der Streit über das richtige Verfahren zur Stilllegung der Asse beendet. Die dringlich zu klärenden Sicherheitsfragen stehen wieder im Vordergrund. Von zentraler Bedeutung bei den weiteren Arbeiten wird die Realisierung eines Schließungskonzeptes sein, das eine unzulässige radioaktive Kontamination der Umwelt um die Schachanlage Asse II jetzt und in der Zukunft ausschließt. Die Asse wurde bisher ohne vergleichbare Voruntersuchungen allein nach bergrechtlichen Verfahren, die eine Beteiligung der Öffentlichkeit nicht vorsahen, ausgewählt und betrieben. Nach heutigem Stand von Wissenschaft und Technik erfüllt die Asse keines der grundlegenden Auswahlkriterien für ein Endlager für radioaktive Abfälle. Voraussetzung für eine nach fachlichen Kriterien zu fällende Entscheidung für eine Schließungsoption ist es allerdings, die Grube so weit zu stabilisieren, dass nicht wegen fehlender Standsicherheit Gefahrenabwehrmaßnahmen ergriffen werden müssen. Die Übernahme der Verantwortung als Betreiber beinhaltet auch hier zwingend die Notwendigkeit, die Öffentlichkeitsarbeit neu zu gestalten und transparent zu organisieren. Mit der in kürzester Zeit realisierten Einrichtung einer Informationsstelle Asse am Bergwerksgelände im Januar 2009 hat das BfS wiederum einen wichtigen Baustein für eine transparente und ehrliche Informationspolitik eingefügt. Nur so kann meines Erachtens verlorenes Vertrauen bei der Bevölkerung zurückgewonnen werden.



Foto: Picture Alliance

Obwohl die Asse offensichtlich eine schwere Hypothek für die Glaubwürdigkeit einer sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle ist, verweise ich darauf, dass es erhebliche Unterschiede zwischen der Asse und Schacht Konrad gibt. So ist die Asse ein Salz-, Konrad ein Eisenerz-Bergwerk. In die Asse strömen derzeit über 12 Kubikmeter Wasser pro Tag, für Konrad wird gemeldet: "kein Wasserzutritt, staubtrocken". Hinzu kommt: Die Asse wurde auf der Grundlage des Bergrechts geplant, im Schacht Konrad galt und gilt das weitaus strengere Atomrecht. Ich bin der Überzeugung, dass für die leicht- und mittelradioaktiven Abfälle im ehemaligen Schacht Konrad ein sicheres Endlager eingerichtet werden kann und wird.

Immer noch weltweit ungelöst ist dagegen die Aufgabe der sicheren Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Mein Haus teilt die Auffassung, dass der Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle durch ein ergebnisoffenes Suchverfahren ermittelt werden sollte. Dies wird auch durch das im Herbst 2008 durchgeführte Endlagersymposium in Berlin bestätigt. Es bleibt aber letztlich eine politische Entscheidung, ob der Weg über ein Suchverfahren oder aber allein über Gorleben gefunden werden soll.

Auch in anderen Aufgabenbereichen konnten wichtige Meilensteine erreicht werden.

So wurde 2008 nach sechs Jahren intensiver Arbeit das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) abgeschlossen. Das DMF war durch das Bundesumweltministerium und das Bundesamt für Strahlenschutz initiiert worden.

Mit dem DMF konnte ein erheblicher Beitrag zu einer verbesserten Risikobewertung geleistet werden. Insgesamt konnten weder die bestehenden Hinweise auf mögliche gesundheitliche Gefahren unterhalb der Grenzwerte bestätigt noch neue Hinweise gefunden werden. Die Ergebnisse des DMF stellen die Schutzwirkung der bestehenden Grenzwerte nach derzeitigem Kenntnisstand nicht in Frage. Offene Fragen wie z. B. die eines höheren Risikos einer Langzeitstrahlenbelastung sowie die Wirkung auf Kinder konnten nicht abschließend beantwortet werden und geben daher Anlass, diesen weiterhin durch Forschungsvorhaben nachzugehen.

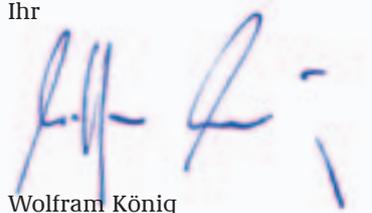
Bei einem weiteren wichtigen Verbraucherthema, dem Schutz vor den Gefahren natürlicher und künstlicher ultravioletter Strahlung, ist ein Fortschritt zu verzeichnen. Zwar ist das Bewusstsein für das Hautkrebsrisiko durch UV-Strahlung in der breiten Bevölkerung immer noch zu wenig ausgeprägt. Mit dem von der Bundesregierung angestrebten Solarienverbot für Jugendliche unter 18 Jahren, für das sich das BfS eingesetzt hatte, wird der Schutz für eine besonders empfindliche Bevölkerungsgruppe verbessert.

Die hier beschriebenen Aktivitäten des BfS stellen nur einen Ausschnitt des Aufgabenspektrums und der 2008 geleisteten Arbeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter meines Hauses dar. Weiterführende Informationen finden Sie in diesem Jahresbericht sowie auf den Internetseiten des BfS.

Allen, die uns bei der Erfüllung unserer Aufgaben unterstützt oder unsere Aufmerksamkeit durch Hinweise auf neue Aspekte gelenkt haben, möchte ich an dieser Stelle danken.

Mein besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des BfS, die kompetent und engagiert zur erfolgreichen Erfüllung unserer Aufgaben beigetragen haben.

Ihr



Wolfram König  
Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz

# STILLEGUNG DES ENDLAGERS FÜR RADIOAKTIVE ABFÄLLE ASSE

Decommissioning of the Asse Repository

Ansprechpartner:

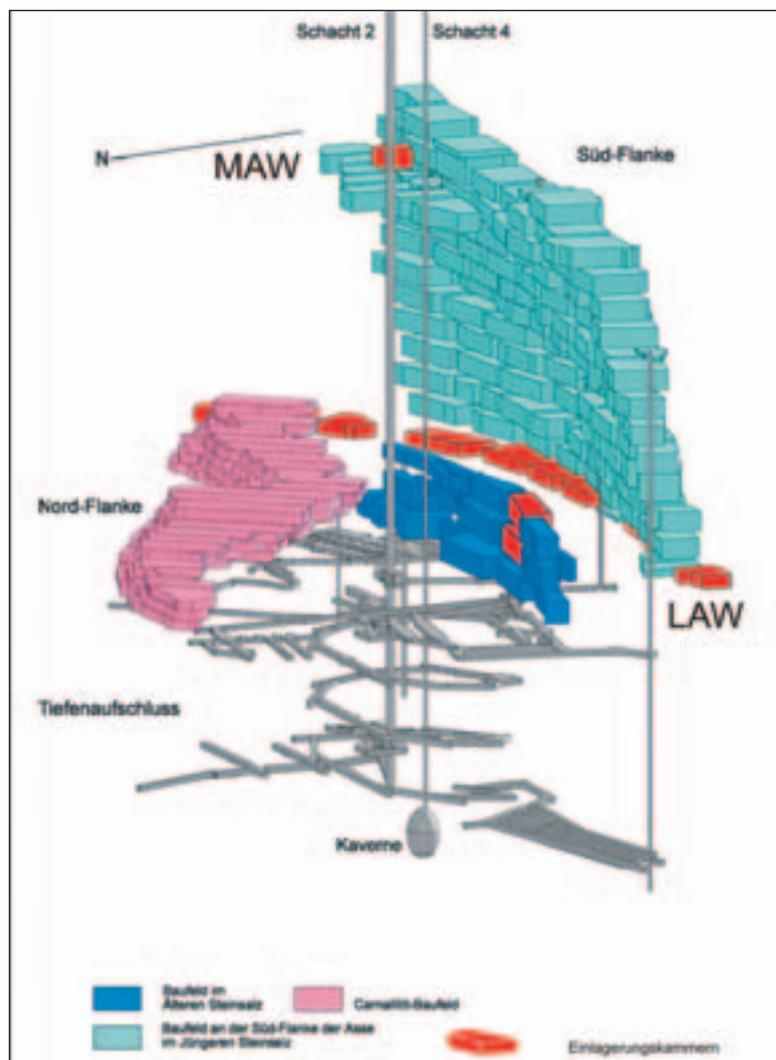
Michael Hoffmann (030 18333-1600)

Approx. 126,000 radioactive waste packages were disposed of in the about 100-year-old former potash and rock salt mine Asse II from 1967 to 1978. On account of the rock-mechanic instability of the mine, salt-saturated groundwater from the overburden (intruding brine) has penetrated the mine since 1988 at increasing rate (in the end 12 m<sup>3</sup>/day). This can put at risk the proper decommissioning of the mine. Until December 31, 2008, the Helmholtz Zentrum München (HMGU) was the successor in interest of Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (GSF), as owner and operator of the mine being responsible for disposal. The planned closure was supposed to be carried out according to Mining Law. With cabinet decision of November 5, 2008, it was decided that mine operations would be transferred from HMGU to the Federal Office for Radiation Protection (BfS) and that the mine would be closed according to the stricter Atomic Energy Act. Since September 2008, BfS has been preparing the takeover of the mine. First measures to adapt the radiation protection regime to standards that are common for nuclear facilities and the improvement of the solution management for the intruding waters to minimise the tritium concentration were already carried out in autumn/winter 2008. The first measure to be carried out in 2009 will be to dispose the intruding water after minimizing the tritium contamination. Another measure will be to improve the mine stability through the backfilling with concrete of roof clefts in the chambers that have been back-filled with salt grit. Within the scope of the accompanying process to the closure in order to involve local stakeholders, BfS was in 2008 in charge of the Comparison of Options Working Group (AGO) whose task is to assess various options to decommissioning the mine. The work of AGO will also be continued after the change of operation management to BfS. It is the objective of BfS to find the safest option for the decommissioning of the Asse, despite stability problems and brine intrusion. All problems and measures are to be presented in a way that is transparent and comprehensible to the public.

## Schachtanlage Asse II

In der Schachtanlage Asse bei Wolfenbüttel lagern rund 126.000 Gebinde mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen. Die zuständigen Ministerien entschieden im September 2008, die Schachtanlage nicht wie bis dahin verfolgt nach dem Bergrecht, sondern ab dem 1. Januar 2009 nach den Regeln des Atomrechts zu schließen. Gemäß § 23 des Atomgesetzes geht damit die Verantwortung für den Betrieb und die Stilllegung auf das BfS über. Die Schachtanlage Asse II bei Wolfenbüttel ist ein ca. 100 Jahre altes Kali- und Salzbergwerk, das 1906 im Bereich des Asse Höhenzuges ca. 30 km nördlich vom Harz auf-

gefahren wurde. In den Jahren 1906 bis 1964 wurden insgesamt drei Baufelder (Carnallitit-Baufeld an der Nordflanke, Bau Feld im älteren Steinsalz Satteltkern und Bau Feld im jüngeren Steinsalz an der Südflanke) aufgeföhren. Als Forschungsbergwerk und Versuchsendlager wurde die Schachtanlage von 1964 bis 1992 vom Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (GSF; seit 01.01.2008 HMGU – Helmholtz Zentrum München) genutzt.



Grubenblockbild mit Abbaufeldern und Einlagerungskammern

Insgesamt wurden im Zeitraum von 1967 bis 1978 rund 125.000 Gebinde mit schwach radioaktiven Abfällen (LAW) und ca. 1.300 Gebinde mit mittelaktiven Abfällen (MAW) eingelagert.

Die schwach radioaktiven Abfälle (LAW) lagern in 10 Abbaukammern an der Südflanke in 750 m Tiefe sowie in 2 Kammern im Zentralteil des Grubengebäudes in 750 und 725 m Tiefe. Die mittelradioaktiven Abfälle (MAW) sind in einer einzelnen Kammer auf der 511-m-Sohle eingelagert (s. Abb. oben).

Die Gesamtaktivität der Abfälle beträgt  $3,1 \cdot 10^{15}$  Becquerel (01.01.2002). Die mittlerradioaktiven Abfälle, die überwiegend aus relativ kurzlebigen Radionukliden bestehen, tragen etwa 40 % zur Gesamtaktivität bei. Im Rahmen der Forschungsarbeiten ist nach 1978 im Zentralteil eine Kaverne (Tiefenaufschluss) in 900 m Tiefe als sog. Untertagelabor geschaffen worden, in die keine radioaktiven Abfälle zur Einlagerung kamen.

## Standortgegebenheiten

### Geologie/Hydrogeologie

Die Schachtanlage Asse II liegt im Bereich einer sattelförmig aufgewölbten Salzstruktur (Salzstruktur Asse-Heeseberg). Der Sattelkern aus dem älteren Staßfurt-Steinsalz wird vom Kaliflöz Staßfurt überlagert. Die Kalisalze bestehen aus dem sehr leicht löslichen Kalige-

stein Carnallit. Darüber schließt unmittelbar das jüngere Leine-Steinsalz an. Im Leine-Steinsalz befinden sich eingebettet die Anhydritmittelsalze, eine Wechsellagerung aus Steinsalz und Anhydrit.

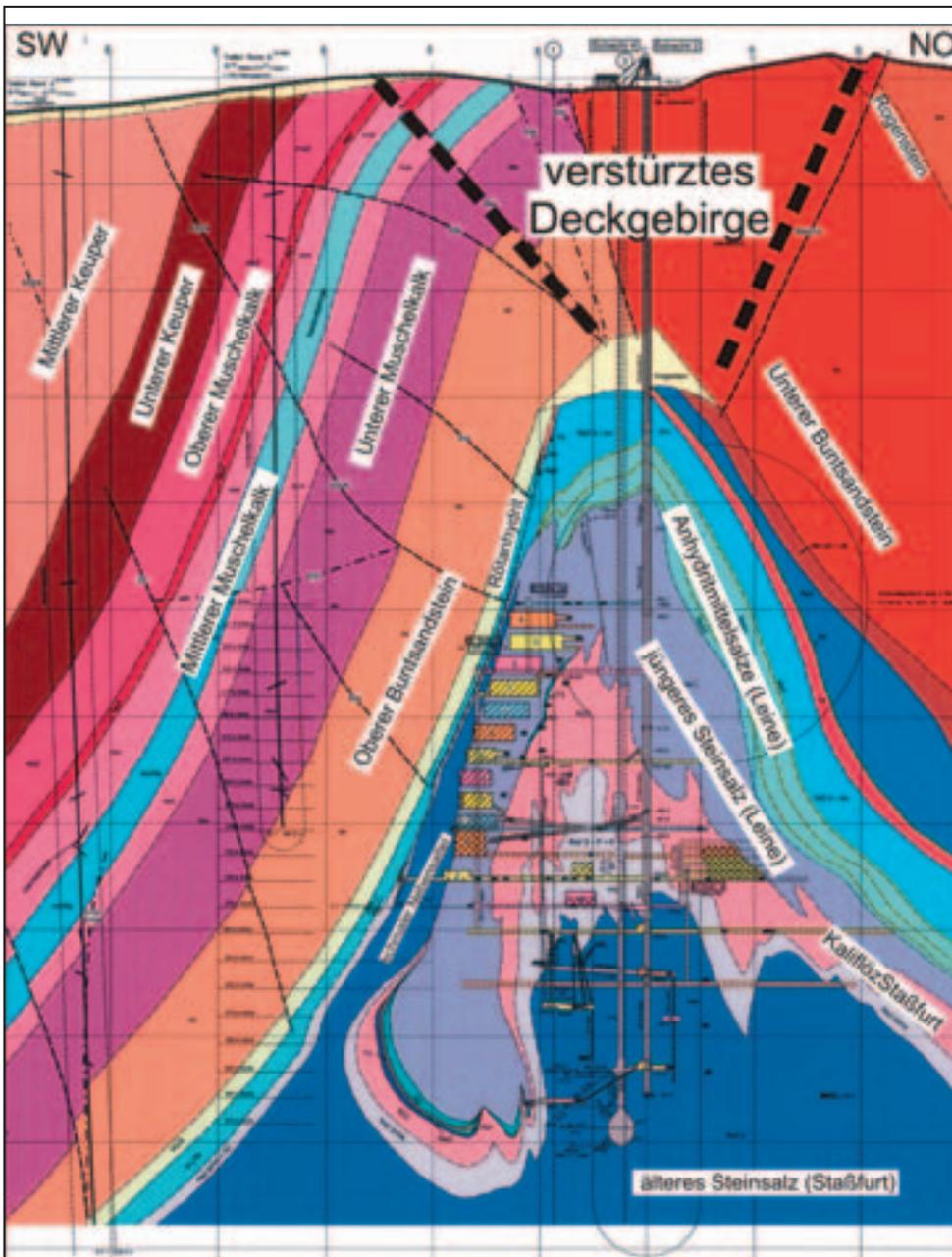
Im Deck- und Nebengebirge des Salzes stehen die überwiegend aus Ton-, Sand- und Kalkstein bestehenden Schichten des Buntsandsteins, des Muschelkalks und des Keupers an. Das Deckgebirge ist über dem Sattelzentrum blockartig verstürzt. Während die Nordwestflanke des Sattels relativ gleichmäßig ausgebildet ist, ist die Schichtenfolge in der Südwestflanke durch die Gebirgsbewegungen unvollständig und stärker gestört. (s. Abb. unten).

Wichtigste Grundwasserleiter sind der Muschelkalk und der Bereich des verstürzten Deckgebirges. Die Grundwasserbewegung findet überwiegend auf den Klüften und Schichtfugen im Kalkgestein und im verstürzten Deckgebirge und in den Porenräumen der sandigen

Schichtglieder des Buntsandsteins (Rogenstein) und des Keupers (Rhät) statt. Die Grundwasserleiter erstrecken sich im Verlauf des Höhenzuges. Quer zum Höhenzug verlaufen Störungen, in deren Bereich die allgemeine Gebirgsdurchlässigkeit durch intensive Klüftung erhöht ist. Diese durchschneiden die verschiedenen grundwasserleitenden Schichten und stellen hydraulische Verbindungen her.

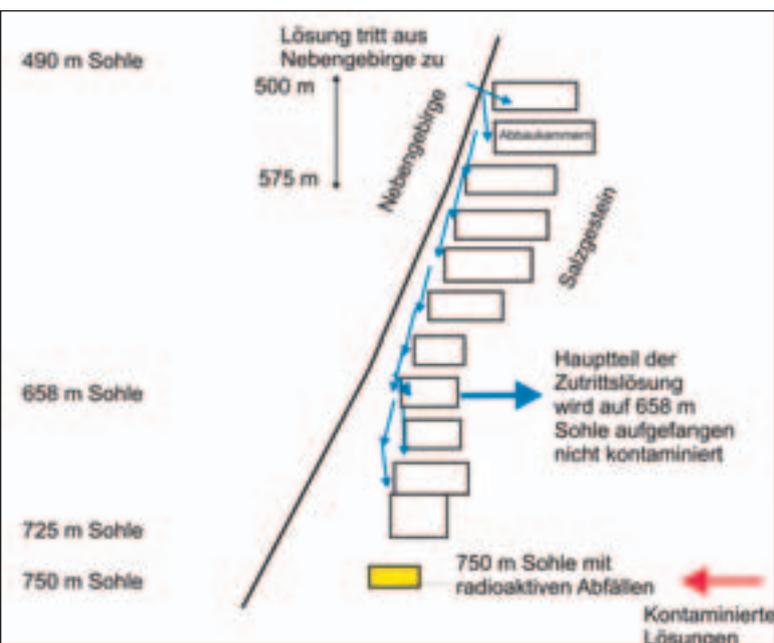
### Bergbauliche Situation

Insbesondere an der Südflanke der Schachtanlage Asse II befinden sich zahlreiche dicht beieinander liegende Abbaukammern (hoher Durchbaugrad, s. Blockbild in Abb. auf S. 7). Die Abbaukammern reichen bis auf wenige Meter an das Nebengebirge heran. Der Gebirgsdruck bewirkt eine Verformung der Abbaukammern (die Kammerhöhlräume verkleinern sich durch den Gebirgsdruck) und eine erhöhte Beanspruchung des zwischen den Kammern verbleibenden Gebirges (Schweben und Steinsalzpfiler). Der Gebirgsdruck wirkt in horizontaler Richtung und hat seit Beginn der Auf-



Geologischer Schnitt durch den Asse-Sattel

zeichnungen 1981 zu einer Verschiebung der Südflanke um ca. 3 m in das Grubengebäude geführt. Seit 1988 sind in der stark durchbauten Südflanke in einem Tiefenbereich zwischen 500 m und 575 m Lösungszutritte beobachtet worden, deren Zutrittsrate allmählich und stufenweise zunimmt. Die Lösungen stammen aus dem Deckgebirge und gelangen durch die z. T. nur wenige Meter mächtige aufgelockerte Steinsalzbarriere in das Bergwerk. Durch die Verformungen hat sich das Steinsalz um die Abbaukammern der Südflanke aufgelockert und ist wasserdurchlässig geworden. Derzeit gelangen ca. 12 m<sup>3</sup>/Tag Steinsalz(NaCl)-gesättigtes Formations- und Grundwasser (Zutrittslösung) in das Bergwerk (Abb. links).



Lösungszutritte und -pfade aus dem Deckgebirge

Das Risiko besteht darin, dass der Lösungszufluss vor der Realisierung der Stilllegungsmaßnahmen ansteigt und danach technisch nicht mehr beherrschbar ist. Dieses ist durch Bildung neuer wasserwegsamere Dehnungsfugen im Deckgebirge infolge der fortschreitenden Verformungen jederzeit möglich.

## Was führte zum Betreiberwechsel?

Bis zum 31.12.2008 war das Helmholtz Zentrum München Eigentümer und Betreiber des Bergwerkes und handelte im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Da die Einlagerungen in die Schachanlage Asse II vor Einführung der Regelungen zur Einrichtung eines Bundesendlagers (§ 9 AtG) stattgefunden haben (1976) und die Schachanlage als Forschungsbergwerk betrieben wurde, war beabsichtigt, die Schließung nach Bergrecht durchzuführen. Zur Verfahrensfrage wurde am 23.04.2007 von einer Anwohnerin aus der Region Klage auf Stilllegung nach Atomrecht und damit auf Durchführung eines atomrechtlichen Planfeststellungsverfahrens erhoben.

Im Juni 2008 wurde bekannt, dass mit radioaktiv kontaminierten Salzlösungen innerhalb der Grube umgegangen wird, ohne dass hierfür ausreichende Genehmigungsgrundlagen existieren.

Hierauf hat das Bundesumweltministerium bundesaufsichtliche Gespräche mit dem niedersächsischen Umweltministerium geführt und die Erarbeitung eines Berichtes gefordert, in dem zusammenfassend das radioaktive Inventar der Asse, Kontaminationen in dem Bergwerk, der Umgang mit den Kontaminationen und der Strahlenschutz einschließlich der Genehmigungsgrundlagen dargestellt werden. Der Statusbericht des niedersächsischen Umweltministeriums lag am 2. September 2008 vor und ist unter [http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C49474425\\_L20.pdf](http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C49474425_L20.pdf) im Internet einzusehen.



Sumpf vor Kammer 12 auf der 750-m-Sohle (Foto: Asse GmbH)

Die Radionuklidkontaminationen (Cs-137) in den betrieblichen Salzlösungen auf der 750-m-Sohle (z. B. im Sumpf vor Kammer 12, siehe Abb. rechts) sind laut Statusbericht seit 1994 feststellbar. Diese Kontaminationen resultieren aus Restlösungen aus der Einlagerungszeit sowie aus den Abfällen selbst. Mitarbeiterbefragungen ergaben, dass feuchte Abfälle eingelagert wurden und es zu mehreren Unfällen mit Auslaufen kontaminierter Lösungen kam. Darüber hinaus zeigen die Untersuchungsbefunde auch, dass nachweisbare Mengen des gasförmigen Radionuklids Tritium aus den Abfällen über die Grubenluft in die Zutrittslösung gelangt sind, die auf der 658-m-Sohle gefasst wird. Aufgrund der Befunde und des fehlenden Strahlenschutzregimes wurde die Entsorgung der Zutrittslösung in ehemalige Salzbergwerke der Kali und Salz (z. B. Mariagluck bei Celle) von der Genehmigungsbehörde vorübergehend untersagt. Dies machte die Lagerung in übertägigen Behältern erforderlich (Abb. S. 10 oben links).

Der Statusbericht enthält ferner die Aussage, dass der Strahlenschutz bisher nicht den in kerntechnischen Anlagen üblichen Standards entsprach und die innerbetrieblichen Regelungen künftig an diesen Erfordernis-

sen ausgerichtet werden sollten. So fehlte z. B. eine klare Abgrenzung der nach Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) auszuweisenden Kontroll- und Überwachungsbereiche.



**Behälter zur temporären Speicherung der Zutrittswässer (Dezember 2008)**

Am 4.9.08 haben sich Bundesumweltminister Gabriel, Bundesforschungsministerin Schavan und der niedersächsische Umweltminister Sander darauf verständigt, die Schachtanlage Asse II zukünftig verfahrensrechtlich als Endlager für radioaktive Abfälle zu behandeln. Da nach § 23 AtG der Betrieb eines Endlagers in die Zuständigkeit des BfS fällt, war damit ein Betreiberwechsel vom HMGU auf das BfS verbunden. Der Kabinettschluss zum Betreiberwechsel von der HMGU auf das BfS erfolgte am 5.11.2008.

## Die Betriebsübernahme

### Vorbereitung

Zur Prüfung notwendiger vorbereitender Maßnahmen für eine Stilllegung der Asse nach Atomrecht und damit einen Wechsel in die Zuständigkeit des BfS wurde frühzeitig eine BfS-interne Ad-hoc-Arbeitsgruppe eingerichtet, um die Eingliederung der Asse in die Organisation des BfS vorzubereiten. Am 5.9.08 wurde unter der Leitung des BMU ein interministerielles Koordinationstreffen zur Vorbereitung des Wechsels durchgeführt. Es erfolgte daraufhin die Einrichtung von drei Arbeitsgruppen unter der Gesamtleitung des BfS zur Abarbeitung der rechtlich/organisatorischen, betrieblich/stilllegungsbezogenen sowie finanziellen Fragestellungen der Betriebsübernahme.

Um den Strahlenschutz der Schachtanlage an den in der Kerntechnik üblichen Standard anzupassen, wurde darüber hinaus im September 2008 eine Arbeitsgruppe Strahlenschutz gegründet.

Zur Abstimmung laufender betrieblicher Maßnahmen im Hinblick auf den Strahlenschutz und der Vorbereitung des Betreiberüberganges fanden bis Ende 2008 in regelmäßigen Abständen Jour Fixe statt. An diesen waren neben dem BfS und der HMGU auch die Genehmigungsbehörden Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (NMU) und Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) beteiligt.

Im Dezember 2008 wurde eine bundeseigene Betriebsführungsgesellschaft, die Asse GmbH, nach § 65 Bundeshaushaltsordnung (BHO) gegründet.

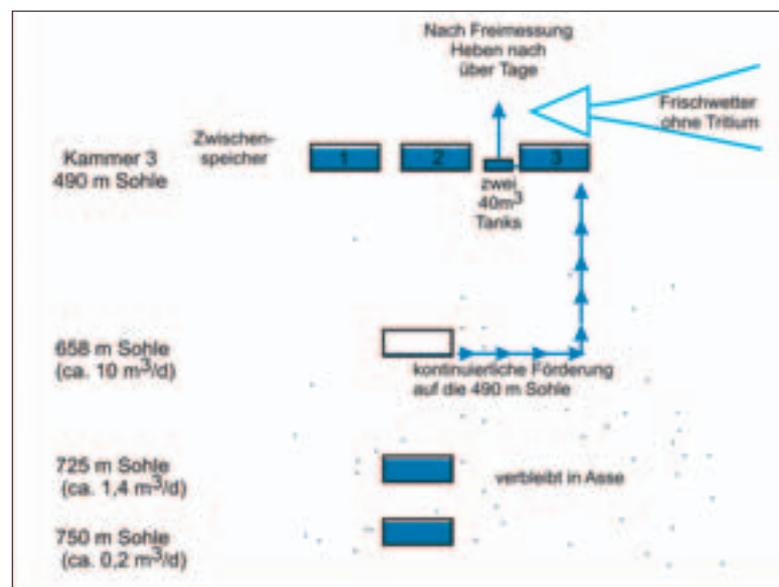
Alle Beschäftigten der Schachtanlage Asse haben Anspruch auf Weiterbeschäftigung in der neu geschaffenen Asse GmbH. Die organisatorischen Voraussetzungen für den Betreiberwechsel wurden bis zum 31.12.2008 geschaffen. Die genehmigungsrechtlichen Grundlagen wurden auf den neuen Betreiber BfS überleitet. Gesetzlich vorgeschriebene Maßnahmen des Strahlenschutzes wie die Definition von Strahlenschutzbereichen wurden festgelegt.

Ab 1.1.2009 ist das Bundesamt für Strahlenschutz verantwortlicher Betreiber der Schachtanlage Asse II. Ihm obliegt die Planung aller betrieblichen Maßnahmen und der Stilllegung nach den strengeren atomrechtlichen Vorschriften. Zur Betriebsführung bedient sich das BfS der bundeseigenen Asse GmbH als beauftragtem Dritten.

### Erste Maßnahmen

Ab Mitte Oktober 2008 wurde die messtechnische Überwachung und Umsetzung von Maßnahmen des betrieblichen Strahlenschutzes von zwei Technikern und einem Strahlenschutzingenieur des BfS unterstützt. Das BfS erarbeitete zudem ein neues Management zum Umgang mit den Zutrittslösungen, um die Kontaminationen so gering wie möglich zu halten (Abb. unten).

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Tritiumkonzentrationen in den Zutrittslösungen aus der Grubenluft



**Neues Lösungsmanagement für die Zutrittswässer ab 15.01.2009**

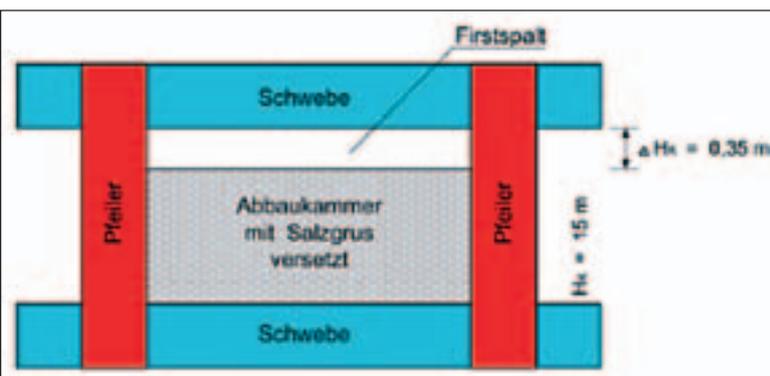
stammen und mit zunehmender Verweildauer im Grubengebäude ansteigen.

Das neue Lösungsmanagement sieht nunmehr die Trennung der auf der 658-m-Sohle gefassten Zutrittswässer (ca. 10 m<sup>3</sup> pro Tag) von den Wässern der 725- und 750-m-Sohle vor. Letztere verbleiben in der Schachtanlage und werden zur Anmischung von Beton zur Stabilisierung verwendet. Die Zutrittswässer der 658-m-Sohle werden kontinuierlich auf die 490-m-Sohle gepumpt, wo sie nur kurze Verweilzeiten haben. Die Grubenbewetterung wurde so umgestellt, dass auf der 490-m-Sohle Frischluft über die Wässer geführt wird, so dass die Aufnahme von Tritium minimiert wird. Nach einem Freigabeverfahren werden chargenweise die Zutrittswässer nach über Tage und zur Schachtanlage Maria Glück in Höfer verbracht. Mit dem neuen Lösungsmanagement ist sichergestellt, dass die Tritium-Konzentrationen erheblich gesenkt werden können und im Bereich eines Hunderttausendstels der mittleren natürlichen Strahlenbelastung liegen.

#### Maßnahmen zur Verbesserung der Grubenstabilität

Zur Verbesserung der Sicherheitssituation der Schachtanlage wird eine Stabilisierung der Südflanke durch Firstspaltverfüllung erfolgen. Firstspalte werden die Hohlräume genannt, die durch Sackung des porenreichen Salzgruses an der Decke der verfüllten Kammern in der Südflanke entstanden sind (Abb. unten). Diese werden mit speziellen Magnesiumbeton (Sorelbeton) gefüllt. Die Firstspaltverfüllung wurde bereits Ende 2007 in einem Workshop des BfS angeregt. Auf diesem Vorschlag aufbauend wurde eine Machbarkeitsstudie beauftragt und im September 2008 durch die Fa. CDM Consult GmbH Bochum ([http://www.bfs.de/de/endlager/asse/CDM\\_Studie.pdf](http://www.bfs.de/de/endlager/asse/CDM_Studie.pdf)) vorgelegt.

Mit der Verfüllung der Firstspalte wird das Hohlraumvolumen beträchtlich verringert und die Verformungen daher deutlich verlangsamt. Konkrete Planungen hierzu wurden bereits im Oktober 2008 eingeleitet. Die Arbeiten zur Firstspaltverfüllung werden nach Vorliegen der erforderlichen Genehmigungen durch das Landesbergamt (Sonderbetriebsplanzulassung) 2009 aufgenommen.



Lage des Firstspaltes in den mit Salzgrus verfüllten Kammern

## Der Begleitprozess zur Stilllegung und die Rolle des BfS

Durch die Ministerien BMBF, BMU und NMU wurde in Zusammenarbeit mit dem Landkreis Wolfenbüttel ein umfassender Begleitprozess aus Fachleuten und verschiedenen zivilgesellschaftlichen und politischen Akteuren initiiert. Die Fachleute sind in der Arbeitsgruppe Optionenvergleich (AGO) organisiert und prüfen ausgewählte Optionen zur Schließung der Asse. Die Federführung und fachlich inhaltliche Verantwortung für die Ergebnisse der Arbeitsgruppe lag bis Ende 2008 beim BfS und dem Forschungszentrum Karlsruhe (PTKA-WTE). An der Arbeitsgruppe Optionenvergleich sind drei durch die Begleitgruppe Asse II ernannte Experten beteiligt. Die Begleitgruppe Asse II setzt sich aus Vertretern der Parteien des Kreistages, den Bürgermeistern der direkt betroffenen Gemeinden und Mitgliedern von Bürgerinitiativen und Naturschutzverbänden zusammen. Die Begleitgruppe dient vor allem dazu, zeitnah wichtige Informationen und Entscheidungen an Multiplikatoren weiterzugeben, damit die Region besser und umfassender als bisher über die Asse informiert wird.

Im März 2008 hat sich die AGO auf eine fachliche Agenda geeinigt, die eine Prüfung des vorliegenden Stilllegungskonzepts, eine Bewertung der Risiken und Konsequenzen unerwarteter Systementwicklungen, die Prüfung der Machbarkeit einer Rückholung des mittlerradioaktiven Abfalls (MAW) und die Beurteilung von Planungen zu möglichen Stabilisierungsmaßnahmen der Südflanke umfasst. Es sollte eine Gesamtbewertung aller o. g. Handlungsoptionen unter Berücksichtigung der Langzeitsicherheitsanalyse und der Störfallanalyse anhand vorher festgelegter fachlicher Kriterien stattfinden. Ein erster Entwurf der fachlichen Kriterien wurde von der AGO im April formuliert. Diese beinhalten einerseits die Beurteilungskriterien für die Fachunterlagen (u. a. Vollständigkeit, Nachvollziehbarkeit und Plausibilität) und andererseits Kriterien, nach denen die Notwendigkeit und Rechtfertigung von Maßnahmen festgelegt wurden. Insbesondere sind die in der Strahlenschutzverordnung unter den §§ 4 und 6 festgelegten Grundprinzipien der Rechtfertigung und Dosisreduzierung aufgenommen worden. In diesen ist festgelegt, dass eine Maßnahme nur dann gerechtfertigt ist, wenn nachgewiesen werden kann, dass sie zu einer Reduzierung der Strahlenexposition führt.

Grundlage für die Abarbeitung der fachlichen Agenda der AGO waren:

- Ein Bericht über die Entwicklung und Beschreibung des Schließungskonzeptes des HMGU (Herleitungsbbericht).
- Eine durch das HMGU zu erstellende Störfallanalyse.
- Eine Machbarkeitsstudie zur Rückholung der MAW, die im Auftrag des BfS durch die Energiewerke Nord GmbH (technische Machbarkeit) und den TÜV Nord (strahlenschutzrechtliche Bewertung) durchgeführt wurde.
- Eine im Auftrag des Projektträgers Forschungszentrum Karlsruhe – Wassertechnologie und Entsorgung

(PTKA-WTE) vom Ingenieurbüro CDM (Jordan) zu erstellende Studie zur Machbarkeit von Stabilisierungsmaßnahmen der Südflanke.

Es besteht Konsens zwischen allen Beteiligten, dass die Arbeit der Arbeitsgruppe Optionenvergleich und die Begleitgruppe auch nach dem Betreiberwechsel zum BfS weitergeführt werden sollen.

## Ergebnisse der Arbeitsgruppe Optionenvergleich (AGO)

### Stellungnahme zum Schließungskonzept des Helmholtz Zentrums München

Das Schließungskonzept des ehemaligen Betreibers Helmholtz Zentrum München sah eine Verfüllung des Grubengebäudes mit Sorelbeton und Schotter vor. Der danach noch verbleibende Porenraum sollte mit einer Spezialflüssigkeit (sog. Schutzfluid) gefüllt werden. Die AGO kommt zu dem Ergebnis, dass vom HMGU nicht alle Schließungsalternativen ausreichend betrachtet und untersucht wurden. Die Auswahl des Schließungskonzepts erfolgte nicht systematisch und umfassend. Das HMGU-Konzept wird als eine Möglichkeit der Schließung angesehen, die jedoch den Nachteil hat, dass bewusst ein frühzeitiger Kontakt der Abfälle mit dem Transportmedium Flüssigkeit in Kauf genommen wird.

### Störfallanalyse

Der vom Helmholtz Zentrum München im Juli 2008 vorgelegte Vorentwurf einer Störfallanalyse stellt für die AGO keine Basis für die Betrachtung von Handlungsoptionen dar. Es fehlt insbesondere die am 21.11.2007 in der Pressemitteilung der Ministerien geforderte Betrachtung des Szenarios einer unbeherrschbaren Erhöhung der Zutrittsrate. Das BfS hat im Herbst 2008 veranlasst, dass eine umfassende Störfallanalyse erarbeitet wird. Erst nach Vorlage der Störfallanalyse kann eingeschätzt werden, wie eilbedürftig die Realisierung von Verfüll- und Verschlussmaßnahmen ist.

### Studie zur Rückholung von Abfällen

Die durch das BfS in Auftrag gegebene Studie der Machbarkeit einer Rückholung der mittelaktiven Abfälle ([http://www.bfs.de/de/endlager/asse/MAW\\_Studie.pdf](http://www.bfs.de/de/endlager/asse/MAW_Studie.pdf)) ergab, dass diese grundsätzlich technisch durchführbar ist. Unter den günstigsten Voraussetzungen und ohne Durchführung eines zeitintensiven Genehmigungsverfahrens würde die Rückholung ca. 5 Jahre dauern. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass zerstörte Gebinde oder Gebinde mit zu hoher Oberflächendosisleistung in der MAW-Kammer zurückgelassen werden müssten. Zur Rückholung wären zudem die Einrichtung eines Zwischenlagers und eine Konditionierung der Abfälle für die Einlagerung in Konrad notwendig. Die strahlenschutzrechtliche Überprüfung einer möglichen Rückholung hat ergeben, dass bei bestimmungsgemäßem Betrieb die Grenzwerte nach § 46 StrSchV eingehalten werden können. Da keine umfassende Störfallanalyse des HMGU vorlag, konn-

te die Rechtfertigung einer Rückholmaßnahme bis Ende 2008 nicht abschließend beurteilt werden. Dies wird nach Vorliegen der vollständigen Störfallanalyse erfolgen.

### Stabilisierung der Südflanke

Die Machbarkeitsstudie zur Erhöhung der Versatzsteifigkeit zeigt (siehe [http://www.bfs.de/de/endlager/asse/AGO\\_Stellungnahme.pdf](http://www.bfs.de/de/endlager/asse/AGO_Stellungnahme.pdf)), dass eine Verfüllung der Firstspalten, die durch Sackung des Salzgrusversatzes in den Kammern entstanden sind, mit Sorelbeton kurzfristig umsetzbar ist. Der Zeitbedarf wird nach Klärung vorlaufender Fragen (Modellierung der Bauzustände in Folge des Temperatur- und Feuchtigkeitseintrages) mit ca. 1 Jahr veranschlagt. Die Firstspaltverfüllung würde zu einer Tragfähigkeitserhöhung und Reduzierung der Verformungsraten führen, die ohne Firstspaltverfüllung durch die Kompaktierung des vorhandenen Versatzes erst nach ca. 6 - 8 Jahren eintritt. Die kurzfristige Umsetzung der Firstspaltverfüllung wird von der AGO daher befürwortet. Eine weitere Stabilisierung in der Südflanke durch Versatzinjektionen mit Sorelbeton oder ähnlichem abbindenden Material ist geplant aber deutlich komplizierter. Da bislang keine Erfahrungen (z. B. bezüglich der Bohrtechnik im Salzgrus) vorliegen, sind umfangreichere Vorplanungen und Versuche notwendig.

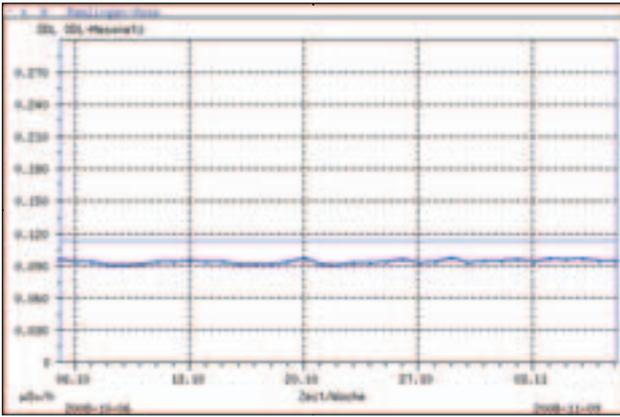
## Ausblick - Das BfS als verantwortlicher Betreiber

### Die Strategie des BfS

Vorrangig steht nach dem vollzogenen Betreiberwechsel die Sicherstellung eines Betriebes als kerntechnische Anlage auf dem Arbeitsprogramm. Wesentliche Grundlagen für ein neues Strahlenschutzregime wurden bereits in der Übergangsphase geschaffen und werden nun in den Betrieb überführt.

Hohe Priorität haben Maßnahmen zur Stabilisierung des Grubengebäudes wie die bereits eingeleitete Firstspaltverfüllung. Weitere Verfüllmaßnahmen sind zu prüfen, die jedoch keine negativen Auswirkungen auf Optionen zur Stilllegung (wie z. B. Rückholung) haben dürfen. Eingehend wird geprüft, ob durch bergtechnische Maßnahmen der Zutritt von Wässern aus dem Deckgebirge verringert oder gar gestoppt werden kann.

Ziel des BfS ist es, unter Berücksichtigung der Stabilitätsprobleme und des Flüssigkeitszutritts in die Schachanlage die sicherste Möglichkeit für eine Stilllegung der Asse zu finden. Ob die Abfälle aus der Schachanlage geholt werden oder in der Asse verbleiben, ist Gegenstand umfangreicher Untersuchungen. Ein erstes Gutachten hat ergeben, dass die Rückholung der mittelaktiven Abfälle technisch machbar ist. Weitere Untersuchungen sollen zeigen, ob dies auch für die schwachradioaktiven Abfälle gilt. Eine Rückholung kommt aber nur dann in Frage, wenn die Vorteile größer sind als die Risiken für die Bevölkerung und für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die mit den Abfällen umgehen müssen.



#### Messung der Ortsdosisleistung an der Schachtanlage Asse

Für die Festlegung des Stilllegungskonzeptes ist von entscheidender Bedeutung, ob ausreichend Zeit für die Durchführung eines atomrechtlichen Planfeststellungsverfahrens geschaffen werden kann. Die Maßnahmen zur Stabilisierung und eventuell zur Reduzierung des Lösungszutritts dienen diesem Ziel. Sollte ein solcher Planungszeitraum nicht geschaffen werden können, müssen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr ergriffen werden. Alle geplanten Maßnahmen werden vom BfS in einem transparenten Verfahren ermittelt, im Begleitprozess erörtert und der Öffentlichkeit vorgestellt.

Die Arbeitsgruppe Optionenvergleich hat am 12.02.2009 einen Zwischenbericht vorgelegt. In diesem werden die weiter zu verfolgenden Optionen der Stilllegung aufgezeigt. Drei Optionen stehen hierbei zur Diskussion:

1. Die Stilllegung mit Verbleib der Abfälle in der Schachtanlage.
2. Die Rückholung der niedrigradioaktiven Abfälle bzw. aller Abfälle.
3. Die interne Umlagerung der radioaktiven Abfälle in tiefere Schichten.

Hierzu werden vom BfS weitere Untersuchungen durchgeführt, mit dem Ziel, eine Konzeptentscheidung für die Stilllegung schnellstmöglich treffen zu können.

#### Transparenz und Information

Um Transparenz im Zusammenhang mit dem Betrieb und der Stilllegung zu schaffen, bereitete das BfS Ende Juli 2008 die Aufstellung einer Messsonde auf dem Gelände der Schachtanlage Asse zur Messung der Umweltradioaktivität vor. Die Messsonde wurde am 6.10.08 direkt in der Hauptwindrichtung des Abluftsystems der Schachtanlage installiert. Sie misst ständig die Gamma-Ortsdosisleistung (ODL) und ist direkt mit der Messzentrale des BfS verbunden. So werden Änderungen der ODL-Werte ständig aktuell erfasst. Die detaillierten Messergebnisse können im Internet unter <http://odlinfo.bfs.de/cvdata/031580242.html> abgerufen werden.

Die bisherigen Messungen zeigen, dass die Gamma-Ortsdosisleistung mit Tagesmittelwerten um 0,1 µSv/h im



Nur wenige Schritte vom Betriebsgelände der Asse entfernt befindet sich die Informationsstelle Asse.

Schwankungsbereich der natürlichen ODL in Deutschland (0,05 - 0,17 µSv/h) liegt.

#### Einrichtung einer Informationsstelle

Zur Information der Bevölkerung wurde die Infostelle Asse eingerichtet. Sie dient als ein Baustein einer umfassenden Information der Öffentlichkeit über die geplanten Stilllegungsmaßnahmen. Es besteht hier die Möglichkeit, sich ein Bild von den Standortbedingungen, den Problemstellungen und den laufenden sowie geplanten Maßnahmen zu machen.

Das Infozentrum liegt in unmittelbarer Nähe der Anlage in Remlingen (siehe auch Kapitel Öffentlichkeitsarbeit).

In regelmäßigen Abständen wird in der Region die Zeitschrift „Asse Einblicke“ kostenlos verteilt, die über Aktivitäten auf der Asse informiert.

#### Internetangebot

Aktuelle Informationen über das Endlager Asse können auf der Internetseite des BfS unter <http://www.bfs.de/de/endlager/asse> eingesehen werden.



Im Medienraum der Infostelle können sich Besucher über die geplanten Maßnahmen und Arbeiten in der Asse informieren. Gezeigt werden u. a. Animationsfilme, die die geologischen und betrieblichen Prozesse verdeutlichen.

# WEITERE ARBEITSSCHWERPUNKTE DES BfS

Further Topical Working Areas of BfS

## STAND DER UMRÜSTUNG DER SCHACHTANLAGE KONRAD IN EIN ENDLAGER FÜR RADIOAKTIVE ABFÄLLE MIT VERNACHLÄSSIGBARER WÄRMEENTWICKLUNG

Status of Conversion of the Konrad Mine into a Repository for Radioactive Wastes with Negligible Heat Generation

Ansprechpartner:

Volker Kunze (030 18333-1930)  
Wolf Koch (030 18333-1914)

*In the year 2008 all preparations that had been started in 2007 for the construction of the Konrad disposal site have been continued as well in view of construction works as regarding licensing. Besides the plan approval (nuclear licence) a main operational plan has to be approved by the competent mining authority to be able to start with erection works at mining facilities. This took place on the 15th of January 2008 and since then the erection of the Konrad disposal site is on its way towards operation in 2014. Purchase contracts for needed areas for traffic and licensing agreements for the use of other areas have been signed. Until now there have been no delays of the scheduled work and financing has been within the limits of the scheduled budget.*

### Vorbereitung der Errichtung des Endlagers Konrad

Mit dem Beschluss des Bundesverwaltungsgerichtes (BVerwG) im Jahr 2007 war der ordentliche Rechtsweg für Klagen gegen den Planfeststellungsbeschluss Konrad ausgeschöpft. Danach wurde mit der Errichtung des Endlagers Konrad für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung begonnen. Die vorbereitenden Arbeiten für die Umrüstung der Schachtanlage wurden im Jahr 2008 weitergeführt.

Der im Oktober 2007 bei der zuständigen niedersächsischen Bergbehörde eingereichte Hauptbetriebsplan zur Errichtung des Endlagers Konrad wurde am 15.01.2008 zugelassen. Damit liegt neben dem atomrechtlichen Planfeststellungsbeschluss die für die Umrüstung außerdem notwendige bergrechtliche Genehmigung vor. Der Hauptbetriebsplan deckt den Zeitraum bis zur geplanten Inbetriebnahme des Endlagers ab.

Nicht mehr benötigt wird der ehemalige Tagebau Haverlahwiese. Dorthin wurde bis 2007 Haufwerk aus der Grube Konrad über eine bestehende Gleisanbindung transportiert und dort abgelagert. Da bis auf Weiteres kein Bedarf besteht, überschüssiges Material aus der Grube herauszubringen, ist eine weitere Nutzung nicht mehr erforderlich. Es wurde ein Abschlussbetriebsplan für den Tagebau Haverlahwiese erstellt und bei der Bergbehörde zur Zulassung eingereicht. Die Flächen werden der Stadt Salzgitter als Naturschutzflächen zur Verfügung gestellt.

### Durchgeführte Arbeiten

Die notwendigen Planungen des Projektes wurden im Jahr 2008 fortgesetzt. Dies betrifft Ausschreibungen und Vergaben von Leistungen der Planung sowie der Bauausführung und die bereits in 2007 begonnenen Aktualisierungen bestehender Verträge mit Auftragnehmern zur Umrüstung bestehender Anlagenteile.

Aktualisierungen der Planungen unter Berücksichtigung von Maßgaben der Bundesregierung zum Klimaschutz, der Vorgaben der EnEV2009 (Energieeinsparverordnung) und den Bestimmungen zum nachhaltigen Bauen wurden vorgenommen.

Die Kauf- und Gestattungsverträge mit der Salzgitter-AG für die notwendigen Flächen für die Verkehrsanbindung Konrad 2 wurden im Dezember 2008 unterzeichnet. Damit hat das BfS die Grundstücke für die Errichtung des Endlagers am Schacht Konrad 2 und die erforderlichen Wege- und Durchleitungsrechte.

### Baustelleneinrichtung und Verkehrsanbindung

Im Rahmen der Baufeldvorbereitungen zur Errichtung des Endlagers Konrad wurden Anfang 2008 Bäume gefällt und soweit nötig Bewuchs gekappt. Für diese und weitere Eingriffe sind bereits Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen geplant. Sowohl an Konrad 1 als auch an Konrad 2 wurde das Baufeld für die weiteren Baumaßnahmen vorbereitet und beräumt.



Luftaufnahme der übertägigen Anlagen von Schacht 1

Ein wichtiger Teil der vorbereitenden Arbeiten ist die Kampfmittelräumung am Schacht Konrad 2.

Für den unmittelbaren Schachtbereich Konrad 2, die Verkehrsanbindungen und die gefährdeten Außenbereiche liegen derzeit Erkenntnisse über Bombenblindgänger und Verdachtsflächen für Munitionsverseuchung einer ehemaligen Großflakstellung vor.



**Luftaufnahme des temporären Fördergerüsts auf Konrad 2**

Nach den ersten Kampfmittelfreigaben erfolgten vorbereitende Untersuchungen des Baugrundes und es wurden Grundlagenvermessungen ausgeführt. Zur Vorbereitung der Verkehrsanbindung Konrad 2 wurde – nach Abstimmung der Betretungsrechte mit der Salzgitter AG – mit Einmessarbeiten, partieller Kampfmittelsondierung und Bodenuntersuchungen begonnen.

Im Zuge der Erstellung eines Schadstoffkatasters wurden die Freiflächen und Gebäude an Konrad 1 und 2 beprobt. Die Ergebnisse wurden analysiert und bewertet.

Im Rahmen der geplanten Verkehrsanbindung des Geländes Konrad 2 an der Kreisstrasse 39 und der von der Stadt Salzgitter geplanten notwendigen Sanierung dieser Straße erfolgten Abstimmungen zwischen der Stadt Salzgitter und dem BfS zur gemeinsamen Erledigung der Aufgabe.

Die Baustromversorgung für Schacht Konrad 1 und Schacht Konrad 2 wurde fertiggestellt.

Im Zuge der Baustelleneinrichtung des 1. Bauabschnittes auf der Schachanlage Konrad 1 wurden diverse Flächen für Zufahrten, Lagerplätze und Parkplätze hergerichtet. Bürocontainer für Bauleitung, Bauüberwachung und Kauencontainer wurden aufgestellt.

#### **Baumaßnahmen über Tage**

Im Rahmen der Umrüstung der Schachtförderanlage (SFA) Konrad 1 Süd ist der Abriss des Abteufmaschinengebäudes Konrad 1 Süd erfolgt.

Zur Umsetzung der Anforderung aus der Gehobenen Wasserrechtlichen Erlaubnis wurde mit der Nachrüstung und Erweiterung der Kläranlage Schacht Konrad 1 begonnen.

#### **Sanierung der Schächte und Maßnahmen unter Tage**

Als Voraussetzung für das Verlegen von Schachtkabeln wurde mit der Sanierung des nord-westlichen Bereiches im Schacht Konrad 1 begonnen.

Die bereits 2007 begonnenen Sanierungsarbeiten im Schacht Konrad 2 wurden 2008 fortgesetzt. Hierbei wurde die sog. kleine Seilfahranlage einschließlich einer Befahrungsbühne für Sanierungsarbeiten im Schacht errichtet und das Entfernen der Spurlatten abgeschlossen.



**Raubarbeiten mit einer Teilschnittmaschine für die Sanierung der Grubenbaue**

Die notwendigen Betriebs- und Unterhaltungsarbeiten der Schachanlagen Konrad 1, Konrad 2 und im Grubengebäude wurden weitergeführt. Die bereits im Rahmen der Offenhaltung des Bergwerkes begonnenen Sanierungsarbeiten wurden als Voraussetzung für die Umrüstmaßnahmen in der Weise fortgesetzt, dass sie dem späteren Endlagerbetrieb Rechnung tragen.

Darüber hinaus wurde mit der Sanierung von Strecken unter Tage begonnen. Die Planungen zur Komplettierung des Maschinen-, Geräte- und Fahrzeugbestandes für die Maßnahmen der Umrüstung unter Tage wurden weitergeführt. Im Rahmen dieser Aufgabe erfolgte die Beschaffung von Maschinen, Geräten und Fahrzeugen.

#### **Wasserrechtliche Anforderungen**

Die im Endlager Konrad einlagerbaren Abfallgebände bestehen auch aus anorganischen und organischen nichtradioaktiven Stoffen, deren chemische Zusammensetzung aus wasserrechtlicher Sicht bedeutsam ist. In der Gehobenen Wasserrechtlichen Erlaubnis zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen im Endlager Konrad (Anhang 4 zum Planfeststellungsbeschluss) sind die maximal einlagerbaren Massen nichtradioaktiver schädlicher Stoffe am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad festgeschrieben. Während des Betriebes dieser Anlage sind diese Stoffe fortlaufend zu erfassen und zu bilanzieren.

Hierfür sollen die Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen auf die vom BfS geführte Stoffliste

(für Abfallprodukte) und Behälterliste (für Abfallbehälter/Verpackungen ) zurückgreifen. In beiden Listen sind die Bestandteile und Materialien bzw. die Behälter mit ihrer chemischen Zusammensetzung dargestellt. Diese Daten werden in einer Produktkontrolldatenbank geführt. Bei Anmeldung von radioaktiven Abfällen zur Produktkontrolle bzw. zur Einlagerung im Endlager Konrad sind Angaben über die Abfallgebindebestandteile (z. B. in Form von Stoffvektoren) einschließlich der zugehörigen Massen vorzulegen. Aus diesen Angaben sollen die nichtradioaktiven schädlichen Stoffe unter Berücksichtigung von Schwellenwerten über die Produktkontrolldatenbank des BfS automatisch erfasst und bilanziert wie auch eine Aussage zur Einhaltung der wasserrechtlichen Anforderungen erzeugt werden.

#### **Radionuklidspektrum Konrad**

Der standortspezifischen Sicherheitsanalyse für das Endlager Konrad lag ein Radionuklidspektrum zu Grunde, das 156 verschiedene Radionuklide umfasste. Aus den durchgeführten sicherheitsanalytischen Untersuchungen wurden für 108 Radionuklide Aktivitätsbegrenzungen abgeleitet, die in die Endlagerungsbedingungen Konrad, Stand: 1995, eingefügt wurden.

In der Zwischenzeit hat sich der Kenntnisstand über die in radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung enthaltenen Radionuklide erweitert. Vor dem Hintergrund neuer Erkenntnisse ist das Radionuklidspektrum überprüft und bewertet worden. Die Revision der Endlagerungsbedingungen Konrad enthält einen Vorschlag, auf welche Weise weitere Radionuklide, die von den Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen deklariert werden und über das bisherige Radionuklidspektrum hinausgehen, berücksichtigt werden sollten.

#### **Einrichtung und Betrieb der Informationsstelle Info Konrad**

Am 15. Mai 2008 öffnete INFO KONRAD, die Informationsstelle des BfS in der Innenstadt von Salzgitter, ihre Tore. Mit umfassenden Informationen möchte das Bundesamt die Bewohner über die Sicherheit und die Eignung des Endlagers aufklären.

INFO KONRAD wird von den Bürgerinnen und Bürgern der ganzen Region gut angenommen. Im Schnitt informieren sich täglich etwa 40 Interessierte – seit der Eröffnung Mitte Mai bis Ende des Jahres 2008 kamen rund 3.400 Besucher.

Weitere Informationen dazu finden Sie im Kapitel Öffentlichkeitsarbeit.

# DEUTSCHES MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMM – ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE, SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

The German Mobile Telecommunication Research Programme – Results and Follow-up, Summary of Results, Conclusions, and Perspectives

Ansprechpartner:

Rüdiger Matthes (030 18333-2140)

*In 2008 the German Mobile Telecommunication Research Programme was concluded with the following key results: Exposure of the population remains on average many orders of magnitude below the limits, although wireless technology is increasingly used. Presumed non-thermal effects could not be confirmed. Electro hypersensitivity or an increased sensitivity in stages of early development of the organism could not be detected. However, some questions still remain, e. g. the possibility of a higher risk for children or when using mobile phones for more than 10 years. Concern about mobile telephony and health is only an issue in specific groups of the population and it is a minor one compared to other environmental risks. Thus, information provided has to be specific and targeted. The programme significantly improved risk assessment and communication. Results confirm the validity of the limits, but due to remaining questions, precaution is still advisable.*

2008 wurde das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) abgeschlossen. Ausgangspunkt des Programms waren Hinweise, dass elektromagnetische Felder auch bei Feldstärken unterhalb der Grenzwerte (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes, Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV – ; [www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschv\\_26/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschv_26/gesamt.pdf)) möglicherweise gesundheitsrelevante Wirkungen entfalten könnten. Diese Wirkungen wurden vereinzelt in Laborexperimenten mit Tieren und Zellkulturen sowie in epidemiologischen Untersuchungen beobachtet. Aufgrund einer allgemeinen Besorgnis über mögliche Gefährdungen durch den Mobilfunk und verstärkt durch die genannten fachlichen Befunde entwickelte sich eine öffentliche Diskussion über das Gefährdungspotenzial des Mobilfunks, in der auch Schutzkonzepte und insbesondere die Grenzwerte hinterfragt wurden. Die Diskussion wurde nicht nur über Fachfragen geführt, sondern war geprägt durch Befürchtungen in einem Teil der Bevölkerung. Beigetragen haben dazu auch Fachleute sowie Ärzte und Ärztinnen, die explizit Fachpositionen in die Diskussion einbrachten, die im Gegensatz zum gegenwärtig allgemein anerkannten Stand von Wissenschaft und Technik stehen.

Bei der Konzeption des DMF wurde großer Wert auf Transparenz, öffentliche Begleitung durch einen „Runden Tisch“, interdisziplinäre Zusammenarbeit und wissenschaftliche Unabhängigkeit gelegt. In Foren wurden Fachleuten sowie Ärzten und Ärztinnen, auch sol-

chen, die dem Mobilfunk kritisch gegenüberstehen, und Betroffenen Gelegenheit gegeben, an der fachlichen Diskussion teilzunehmen. Zusätzlich zu den naturwissenschaftlich-technischen Projekten wurden erstmals auch Fragen der Risikowahrnehmung und -kommunikation bearbeitet. Ergänzend zu den Mitteln aus dem Haushalt des Bundesumweltministeriums wurden die Kosten zur Hälfte von den deutschen Mobilfunknetzbetreibern getragen. Das DMF und das Verfahren zur Vergabe von aus dem DMF geförderten einzelnen Untersuchungsvorhaben war organisatorisch so angelegt, dass die Mobilfunknetzbetreiber keine inhaltliche Einflussmöglichkeit auf das Programm und seine Ergebnisse hatten.

## Zentrale Ergebnisse

Die Strahlenbelastung der Bevölkerung nimmt durch die Verwendung immer neuer drahtloser Technologien ständig zu. In den untersuchten mobilfunkrelevanten Frequenzbereichen unterliegt sie im Alltag zwar erheblichen zeitlichen und räumlichen Schwankungen, bleibt aber im Mittel viele Größenordnungen unterhalb der Grenzwerte. Nur bei der Nutzung körpernaher Quellen, wie z. B. von Mobiltelefonen, werden Strahlenbelastungswerte erreicht, die den Grenzwert zu einem großen Teil ausschöpfen können.

Von zentraler Bedeutung war die Aufklärung möglicher nicht-thermischer Wirkungen und deren Mechanismen. Betrachtet wurden dafür zelluläre Parameter, die sich auf verschiedene Funktionen, hormonelle Vorgänge, den Stoffwechsel sowie die Reaktion der Zellen auf äußere Einflüsse bezogen. Weiterhin wurden Effekte elektromagnetischer Felder auf das Hör- und das visuelle System untersucht.

Untersuchungen an Zellkulturen konnten die zu Beginn des DMF diskutierten Hinweise auf mögliche nicht-thermische Wirkungen nicht bestätigen. Experimentelle Probandenstudien konnten keine negativen Wirkungen auf den Schlaf, die kognitive Leistungsfähigkeit, das Gedächtnis oder die Verarbeitung von visuellen und akustischen Reizen belegen. Dies ergab sich auch aus epidemiologischen Studien. Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und der Elektrosensibilität konnte ebenfalls nicht gefunden werden.

Tierexperimentelle Langzeitstudien ergaben keine negativen Einflüsse von Mobilfunkstrahlung u. a. auf die Blut-Hirn-Schranke, den Tinnitus, verschiedene Krebserkrankungen, das Immunsystem, sowie die Fortpflanzung und Entwicklung.

Eine besondere Empfindlichkeit in frühen Entwicklungsstadien konnte selbst bei Studien über mehrere Generationen nicht gefunden werden.

In epidemiologischen Studien konnte bei Handynutzung von bis zu 10 Jahren kein erhöhtes Risiko bezüglich Hirn- oder Augentumore gefunden werden. Auch wurde keine Erhöhung der kindlichen Leukämie im Umfeld leistungsstarker Radio- und Fernsehsender gefunden.

Aus repräsentativen Erhebungen zur gesellschaftlichen Bedeutung der Thematik Mobilfunk und Gesundheit wurde deutlich, dass das Thema im Vergleich zu anderen möglichen umweltbezogenen Gesundheitsrisiken nur in bestimmten Gruppen der Bevölkerung eine besondere Rolle spielt. Informationsangebote werden von Interessierten und Betroffenen nur dann wahrgenommen, wenn sie auf die Zielgruppen zugeschnitten sind. Ein wichtiger Baustein zur Verbesserung der Verbraucherinformation und der Kommunikation auf kommunaler Ebene ist die Fortsetzung der Selbstverpflichtung der Netzbetreiber. Nähere Informationen zur Selbstverpflichtung sind zu finden unter <http://www.bmu.de/strahlenschutz/downloads/doc/2477.php>.

#### **Bewertung**

Mit dem DMF konnte ein erheblicher Beitrag zu einer verbesserten Risikobewertung und Kommunikation mit der Öffentlichkeit geleistet werden. Insgesamt konnten weder die bestehenden Hinweise auf mögliche gesundheitliche Wirkungen unterhalb der Grenzwerte bestätigt noch neue Hinweise gefunden werden. Die Frage eines höheren Risikos einer Langzeitstrahlenbelastung vor allem für Kinder konnte aber im Rahmen des DMF nicht abschließend beantwortet werden. Da Mobilfunk erst seit etwa 10 Jahren von breiteren Kreisen der Bevölkerung intensiv genutzt wird, fehlen bisher entsprechend lange Beobachtungszeiten. Aus den bisherigen Beobachtungen von bis zu 10 Jahren ergibt sich kein Hinweis für eine Gesundheitsgefährdung.

Die Ergebnisse des DMF bekräftigen insgesamt die Schutzwirkung der bestehenden Grenzwerte. Die oben erwähnten, auch nach Abschluss des DMF noch nicht abschließend beantworteten Fragen geben aber Veranlassung, auch weiterhin einen vorsichtigen Umgang mit drahtlosen Kommunikationstechniken anzumahnen. Wesentlich hierbei ist es, auf eine vorsorgliche Minimierung der Strahlenbelastung für Nutzerinnen und Nutzer und Bevölkerung hinzuwirken und durch gezielte Forschung die noch bestehenden Unsicherheiten hinsichtlich möglicher Langzeitwirkungen (Handynutzung über mehr als 10 Jahre) und des möglicherweise vom Entwicklungsstadium des Körpers abhängigen Risikos zu vermindern. Zukünftige Informationsmaßnahmen sollten diesbezüglich klares Orientierungswissen bieten und mögliche Handlungsspielräume für den Einzelnen aufzeigen.

Im Rahmen der mittel- und langfristigen Forschungsplanung hat das BfS bereits die Weichen für eine weitere Abklärung der genannten wissenschaftlichen Fragen

## **VERBRAUCHER-Informationen zum Thema „ElektroSmog“**

Verbraucher haben verschiedene Möglichkeiten, ihre persönliche Strahlenbelastung durch elektromagnetische Wellen selbst zu reduzieren. Folgende Empfehlungen helfen dabei:

- Verwenden Sie Handys, bei denen Ihr Kopf möglichst geringen Feldern ausgesetzt ist. Die entsprechende Angabe dafür ist der SAR-Wert (Spezifische Absorptionsrate). Die SAR-Werte der aktuell verfügbaren Handy-Modelle finden Sie auf der Internetseite des BfS (<http://www.bfs.de/de/elektro/oekolabel.html>). Die Hersteller der Handys geben die SAR-Werte in der Regel in der Gebrauchsanweisung jedes Handys an.

Handys mit SAR-Werten unter 0,6 W/kg (Watt pro Kilogramm) können mit dem „Blauen Engel“ als strahlungsarm ausgezeichnet werden. Gleichzeitig signalisiert dieses Zeichen, dass das Gerät umwelt- und recyclingfreundlich produziert wurde. Ca. 30 % der derzeit auf dem deutschen Markt befindlichen Handys haben einen SAR-Wert unter 0,6 W/kg. Die Handy-Hersteller und Netzbetreiber stehen der Vergabe des Blauen Engels leider sehr zurückhaltend gegenüber. Im September 2007 erfolgte die erste und bislang einzige Vergabe des Blauen Engels für ein strahlungsarmes Handy.

Weitere Möglichkeiten zur Reduzierung der persönlichen Strahlenbelastung sind:

- Bevorzugt Festnetztelefon benutzen.
- Telefonate kurz halten; SMS verschicken.
- Auf guten Empfang achten.
- Headsets benutzen.
- Im Auto nur mit Außenantenne telefonieren.

Auch bei der Benutzung von schnurlosen Festnetztelefonen haben Verbraucher Möglichkeiten, strahlungsarme Geräte zu verwenden. Eine Übersicht über die auf dem Markt befindlichen DECT-Telefone ist auf den BfS-Internetseiten zu finden ([http://www.bfs.de/de/elektro/Strahlungsarme\\_Dect\\_Schnurlostelefone.html](http://www.bfs.de/de/elektro/Strahlungsarme_Dect_Schnurlostelefone.html)).

gestellt. Ein wesentlicher zukünftiger Schwerpunkt wird in der Kommunikation im Spannungsfeld zwischen wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Risikowahrnehmung liegen.

Nachfolgend wird auf Einzelthemen des DMF eingegangen.

## KINDER UND MOBILFUNK

### Children and Mobile Telephony

Ansprechpartnerin:

Michaela Kreuzer (030 18333-2250)

*Two epidemiological studies within the German Mobile Telecommunication Research Programme focused on health effects to children. The results did not indicate an increased risk of childhood leukaemia by exposure from high power radio and TV transmitters. For none of the investigated health complaints such as headache, nervousness, dizziness, sleepiness, fear and sleep disorders an association with the measured exposure from mobile telephony could be shown.*

Teil des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms waren zwei epidemiologische Studien zu möglichen gesundheitlichen Effekten durch hochfrequente elektromagnetische Strahlung speziell bei Kindern und Ju-

gendlichen. Eine Fall-Kontroll-Studie untersuchte den Einfluss der Felder von starken Radio- und Fernsehsendern auf eine Kinderleukämieerkrankung. Als Studiengebiet wurden alle Gemeinden definiert, die im Umkreis von 16 leistungsstarken Mittelwellensendern und acht UKW/TV-Sendern in Westdeutschland liegen (siehe Abb. unten)

Die Studie umfasste 1.959 an Leukämie erkrankte Kinder (sog. Fälle) und 5.848 nicht erkrankte Kinder (sog. Kontrollen). Fälle sind Kinder im Alter zwischen 0 bis 14 Jahren, die zwischen 1984 und 2003 an einer Leukämie erkrankten, im Deutschen Kinderkrebsregister registriert waren sowie im Studiengebiet wohnten. Kontrollen wurden an die Fälle aufgrund von Alter bei Diagnose, Geschlecht und Studienregion angepasst. Die Bestimmung der Strahlenbelastung durch hochfrequente elektromagnetische Felder erfolgte ein Jahr rückwirkend, bezogen auf den Zeitpunkt der Diagnose. Auf Basis der Koordinaten der Wohnadressen und der Betreiberdaten zur Sende-

leistung und räumlichen Antennenausrichtung der jeweiligen Sendeanlagen wurde die Feldstärke berechnet. Das Kinderleukämierisiko wurde sowohl in Abhängigkeit von der geschätzten Gesamtfeldstärke (Mittelwellensender plus UKW-/TV-Sender) untersucht als auch getrennt nach Sendertyp, da diese sich hinsichtlich ihrer Frequenz und Modulationsart unterscheiden. Es wurde kein Hinweis auf ein erhöhtes Leukämierisiko für Kinder gefunden. Dies galt für alle Altersuntergruppen (0 - 4, 5 - 9 und 10- bis 14-jährige Kinder), für Mittelwellensender sowie UKW- und Fernseh-Sender, für die Untergruppen lymphoide Leukämien und myeloische Leukämien sowie für den Zeitraum vor (1983-1991) und nach (1992-2002) der großflächigen Einführung des Mobilfunks. Das aussagekräftige Design der Studie, vor allem die individuelle Abschätzung der Strahlenbelastung für fast 8.000 Kinder, der 20-jährige Beobachtungszeitraum und der Fokus auf 24 der leistungsstärksten Sendeanlagen in Deutschland schwächt vereinzelte auf-



Senderegionen und zugehörige Mittelwellensender (AM) und UKW-/TV-Sender

fällige Befunde von früheren nicht wissenschaftlich belastbaren Studien deutlich ab.

Die zweite Studie befasste sich mit akuten gesundheitlichen Beschwerden bei Kindern und Jugendlichen. Es handelte sich um eine Querschnittsuntersuchung an einer repräsentativen Stichprobe von 1.500 Kindern (8-12 Jahre) und 1.500 Jugendlichen (13-17 Jahre) aus vier bayerischen Städten. Bei allen Studienteilnehmern wurde die individuelle Belastung durch Mobilfunkstrahlung über 24 Stunden mit Hilfe von Personendosimetern gemessen (Abb. unten) und die subjektiven gesundheitlichen Beschwerden im Interview sowie mittels Tagebuch zweimal am Untersuchungstag erfasst.

Die Belastung durch Mobilfunkstrahlung bei Kindern und Jugendlichen schöpfte 0,13 % bis maximal 0,92 % (ca. 1 Tausendstel bis 1 Hundertstel) des gültigen Grenzwertes aus und lag damit weit unterhalb des Grenzwertes. Für keine der untersuchten gesundheitlichen Beschwerden wie Kopfschmerzen, Gereiztheit, Nervosität, Schwindel, Müdigkeit, Angst und Einschlafprobleme ergab sich ein Hinweis auf einen Zusammenhang mit der gemessenen Gesamtbelastung durch Mobilfunkstrahlung.



Personendosimeter für Mobilfunkstrahlung (Quelle: Fa. Maschek)

## RUNDER TISCH ZUM DEUTSCHEN MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMM

Round Table for the German Mobile Telecommunication Research Programme

Ansprechpartnerin:

Monika Asmuß (030 18333-2147)

*The Round Table for the German Mobile Telecommunication Research Programme was initiated in 2004 as an independent advisory board with respect to communication. It has provided advice on the communication of the research programme. The Round Table comprised scientists, stakeholders and public authority representatives and gave the opportunity for information and discussion.*

Zur Begleitung des Forschungsprogramms wurde im Juni 2004 durch das Bundesamt für Strahlenschutz ein Runder Tisch eingerichtet. Er hatte zum Ziel, gesellschaftlichen

Gruppen und Institutionen die Möglichkeit zu geben, sich über den Stand des Programms zu informieren, Anregungen zu geben und vor allem das BfS bei der Kommunikation des Programms, seiner Ziele und Ergebnisse sowie bei der Erarbeitung von Konzepten zur Veröffentlichung der Forschungsergebnisse zu beraten.

Der Runde Tisch zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm (RTDMF) führte Vertreter aus Wissenschaft, Behörden und Interessenverbänden zusammen. Mitglieder wurden gestellt von der Bundesärztekammer (BÄK), dem Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), dem Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), der Forschungsgemeinschaft Funk (FGF), dem Informationszentrum Mobilfunk (IZMF), der Länderarbeitsgruppe Umweltbezogener Gesundheitsschutz (LAUG), dem Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI), den Netzbetreibern, dem dpa/gms-Themendienst (Deutsche Presseagentur/Global Media Services), der Strahlenschutzkommission (SSK) und der Verbraucherzentrale.

Zahlreiche Vorschläge und Anregungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer zur Verbesserung der Transparenz, z. B. zur Darstellung des DMF-Internetportals, zur internationalen Präsenz, zur Information von Medien und anderen Multiplikatoren sowie zur zielgruppenspezifischen Kommunikation, wurden vom BfS aufgegriffen und umgesetzt. Dies geschah z. B. in Form von Seminaren, nationalen und internationalen Fachgesprächen sowie durch Vorträge und Informationsmaterialien zum DMF. Durch die regelmäßigen Treffen des Runden Tisches wurden Kommunikationswege geschaffen und stabilisiert. Die Diskussionen verliefen zuweilen kontrovers, aber immer konstruktiv.

Die Arbeit des Runden Tisches als begleitendem Gremium des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms endet mit dem Programm und wurde auf der Sitzung am 24. März 2009 mit einer kritischen Rückschau abgeschlossen. Aufgrund der in den letzten Jahren gemachten positiven Erfahrungen wird jedoch eine Fortführung eines Runden Tisches auch über das DMF hinaus sowohl vom BfS als auch von den bisherigen Mitgliedern grundsätzlich gewünscht. Über notwendige Modifikationen hinsichtlich der Zielstellung und ggf. der institutionellen Zusammensetzung soll Anfang 2009 entschieden werden.

## ZUSAMMENARBEIT MIT DER BUNDESANSTALT FÜR DEN DIGITALFUNK FÜR BEHÖRDEN UND ORGANISATIONEN MIT SICHERHEITSAUFGABEN (BDBOS)

Cooperation with the Federal Agency for Digital Broadcasting for Authorities and Institutions with Security Tasks (BDBOS)

Ansprechpartnerin:

Christiane Pözl (030 18333-2144)

*In order to guarantee basic radiation protection requirements for the German TETRA net, BfS and BDBOS agreed*

*upon a cooperation. Main issues are a common health research project as well as supporting information and risk communication in this area.*

Bis zum Jahr 2010 soll in Deutschland das digitale Sprech- und Datenfunksystem nach dem TETRA-Standard (s. Infokasten) für Behörden und Institutionen mit Sicherheitsaufgaben (Polizei, Feuerwehr, Rettungsdienste etc.) aufgebaut werden. Die Bundesanstalt für den Digitalfunk für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BDBOS) ist verantwortlich für den Aufbau, Betrieb und die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit des Netzes.

Um beim Ausbau des BOS-Netzes die grundlegenden Anforderungen des Strahlenschutzes sowie der Information und Risikokommunikation angemessen zu berücksichtigen, hat das BfS mit der BDBOS eine Vereinbarung geschlossen. Darin ist festgelegt, dass die BDBOS zur Klärung offener wissenschaftlicher Fragen die Durchführung von Forschungsvorhaben zur Risikobewertung von Feldern des TETRA-Standards finanziert. Die fachliche und administrative Bearbeitung und die Vergabe der Forschungsvorhaben erfolgt durch das BfS in Anleh-

nung an die Verfahren, die sich in Umsetzung der Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber bewährt haben. Weiterer Bestandteil der Vereinbarung zwischen BfS und BDBOS ist der Austausch von Informationen und Erfahrungen im Bereich von Strahlenschutz sowie die Information der Öffentlichkeit und der Endgerätenutzer.

#### **TETRA-Standard**

Der derzeit im Aufbau befindliche Funkdienst für die Sicherheitsbehörden basiert auf dem TETRA (Terrestrial Trunked Radio)-Standard. Der Aufbau soll bis zum Jahr 2010 erfolgen. Die voraussichtlich genutzten Sendefrequenzen liegen bei etwa 400 MHz. Das System wird parallel zu den bestehenden öffentlichen Mobilfunknetzen GSM900, GSM1800 und UMTS aufgebaut.

Wie auch bei den öffentlichen digitalen Netzen handelt es sich bei TETRA um ein zelluläres Mobilfunknetz, bestehend aus vielen kleinen Versorgungszellen mit jeweils einer Basisstation, die zusammen das gesamte Bundesgebiet abdecken sollen.

# NATÜRLICHE UND KÜNSTLICH ERZEUGTE ULTRAVIOLETTE STRAHLUNG

Natural and Man-Made Ultraviolet Radiation

## FREIWILLIGE SOLARIENZERTIFIZIERUNG ODER GESETZLICHE REGELUNG

Voluntary Certification of Sun Studios vs Legal Regulation

Ansprechpartnerin:

Cornelia Baldermann (030 18333-2141)

*Since 2003 a voluntary certification of sun studios has been offered by BfS. Up to now there is a lack of acceptance by the owners of the studios. Only the announcement of stricter criteria caused a huge increase in applications prior to the date of introduction in order to keep incompatible sunbeds for another 3 years. Thus, the voluntary certification seems not to have reached its goal, e. g. to improve radiation safety of sunbed users. Consequently a legal regulation based on the BfS criteria has been developed.*

Das BfS initiierte im Jahr 2001 den Runden Tisch Solarien (RTS) mit dem Ziel, Kriterien für ein freiwilliges Verfahren zum Schutz der Verbraucher vor den gesundheitsschädigenden Folgen der künstlichen UV-Strahlung in Solarien zu erarbeiten. Die im Konsens zwischen Vertretern des RTS etablierten Kriterien beziehen sich auf Gerätestandards, den Betriebsablauf, die fachliche Qualifikation der im Kundenkontakt stehenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und Information und Beratung von Kunden in einem Sonnenstudio. Seit 2003 ist es für Solarienbetreiber möglich, ihren Betrieb nach diesen Kriterien zertifizieren zu lassen.

Das Verfahren wurde aber von der Solarienbranche kaum angenommen. Als Gründe für die ablehnende Haltung werden oftmals die mit der Zertifizierung verbundenen Kosten und die fehlende gesetzliche Grundlage angegeben.

In 2007 wurden die Kriterien des freiwilligen Zertifizierungsverfahrens an neue Verbraucherschutzvorgaben der Europäischen Gemeinschaft angepasst. Danach ist seit dem 23.07.2007 der sonnenbrandwirksame Anteil der Gesamtbestrahlungsstärke von neu in den Verkehr gebrachten Sonnenbänken auf 0,3 W/m<sup>2</sup> zu begrenzen. Diese Regelung wurde im Rahmen des freiwilligen Zertifizierungsverfahrens ab dem 1.08.2008 übernommen.

Kurz nach Bekanntgabe dieser neuen Regelung wurden vermehrt Sonnenstudios zertifiziert. Innerhalb von sieben Monaten wurden 644 Solarien zertifiziert, gegenüber 153 in den Jahren davor. Darüber hinaus ließen sich bis Ende Juli 2008 etliche bereits zertifizierte Sonnenstudios weit vor Ablauf ihres Zertifikats re-zertifizieren. Seitdem die Regelung für Altgeräte greift, ließ dieser Trend stark nach. Bis Ende 2008 wurde lediglich ein weiteres Sonnenstudio zertifiziert.

Grund für diesen Boom war offenbar die Erwartung einer bevorstehenden gesetzlichen Verpflichtung zur Zertifizierung. Es wurde angenommen, dass auch nach Einführung gesetzlicher Regelungen leistungsstärkere Geräte in bereits zertifizierten Betrieben zumindest bis 2011 weiter betrieben werden dürften. Zudem musste das Bundesamt für Strahlenschutz feststellen, dass die Kriterien, vor allem in den zuletzt zertifizierten Sonnenstudios, nicht oder nur unzureichend umgesetzt wurden. Zu kritisieren sind vor allem die fehlende oder unzureichende Kundenberatung und -information und der teilweise Selbstbedienungscharakter vieler Betriebe. Dies steht nicht im Einklang mit den Zielen des Zertifizierungsverfahrens.

Da es nach den vorliegenden Erfahrungen offenbar schwierig ist, mit Hilfe eines freiwilligen Verfahrens einen Mindestschutz der Verbraucherinnen und Verbraucher vor den gesundheitlichen Risiken der UV-Strahlung in Solarien flächendeckend zu gewährleisten, wurde an einer gesetzlichen Regelung gearbeitet (UGB; <http://www.bmu.de/umweltgesetzbuch/downloads/doc/40448.php>). Es wurde eine Verordnung zu Solarien vorbereitet, die auf den Kriterien des Bundesamtes für Strahlenschutz zur Zertifizierung von Solarien basiert. Hauptregelungen sind das Solarienverbot für unter 18-Jährige, eine maximale Bestrahlungsstärke von 0,3 W/m<sup>2</sup>, Information und Aufklärung durch Normierung von Informations-, Beratungs- und Dokumentationspflichten sowie ein Sachkundenachweis für Personal in Solarien.

## VERBRAUCHERINFORMATIONEN zum Schutz vor UV-Strahlung

- Säuglinge sollen direktem Sonnenlicht generell nicht ausgesetzt werden.
- Kleinkinder sind besonders vor der Sonne zu schützen.
- Während der Mittagszeit zwischen 11 und 15 Uhr sollte die Sonne gemieden werden.
- Leichte, weite Kleidung tragen!
- Hut aufsetzen! Auch Gesicht, Ohren und Nacken müssen bedeckt sein.
- Sonnenbrille mit 100%igem UV-Schutz tragen.
- Sonnencreme mit einem hohen Lichtschutzfaktor verwenden, mind. eine halbe Stunde vorher dick auftragen und mehrmals nachcremen.
- Für Kinder und Jugendliche unter 18 Jahren ist aus Sicht des Strahlenschutzes ein Solariumbesuch zu kosmetischen Zwecken gesundheitsgefährdend und sollte deshalb gesetzlich unterbunden werden.

## VERBESSERUNG DER RISIKOKOMMUNIKATION IM BEREICH UV-STRAHLUNG

Improvement of Risk Communication in the UV Area

Ansprechpartnerin:

Christiane Pözl (030 18333-2144)

*According to enquiries, the German population is well informed about health risks of UV exposure. An investigation to explore means to transform that knowledge into an appropriate behaviour in the sun revealed that risk perception is dominated by a low interest in UV issues in general and the positive attitude towards attractiveness of a tanned skin and its association with health. Only very well targeted specific information can initiate a change in this attitude.*

UV-Strahlung ist wissenschaftlich als wesentlicher Risikofaktor für die Entstehung von Hautkrebs anerkannt. Seit Jahrzehnten bemühen sich zahlreiche Institutionen und Vereinigungen im Rahmen von Informations- und Aufklärungskampagnen darum, das Wissen in der Bevölkerung über die möglichen Folgen von zu starker Sonnenbestrahlung zu verbreitern und die Menschen zu einem bewussteren und sorgfältigeren Umgang mit der UV-Strahlung zu bewegen.

Anhand verschiedener Evaluationen und Erhebungen konnte gezeigt werden, dass der Wissensstand in der Bevölkerung in Bezug auf die Schädlichkeit der UV-Strahlung in den vergangenen Jahren gestiegen ist. Allerdings wurde auch festgestellt, dass das verbesserte Wissen bislang nicht zu einer entsprechenden Verhaltensänderung geführt hat. Die Menschen setzen sich immer noch stark der Sonne aus und wenden nicht ausreichend UV-Schutzmaßnahmen an.

Das Bundesamt für Strahlenschutz gab dazu ein Untersuchungsvorhaben in Auftrag. In einer deutschlandweiten Bevölkerungsbefragung wurde ermittelt, auf welche Weise die Umsetzung von Wissen in angemessenes Sonnenschutzverhalten in der Bevölkerung verstärkt und so das Hautkrebsrisiko verringert werden kann.

Es zeigte sich, dass sich die Menschen in Deutschland sehr wohl der Risiken von UV-Strahlung bewusst sind, sich selbst aber nicht als besonders gefährdet einschätzen. Die Befragten verfügen insgesamt über ein gutes Wissen über richtiges UV-Schutzverhalten. Allerdings zeigte sich anhand der Befragung auch ein eher geringes Interesse am Thema UV-Strahlung.

Die Mehrheit der Befragten findet Sonnenstrahlung angenehm und gebräunte Haut attraktiv. Ein Teil der Befragten empfindet das Tragen von Schutzkleidung in der Sonne als eher störend. Das Eincremen mit Sonnencreme wird als eher unangenehm wahrgenommen.

Die Ergebnisse zeigen, dass je nach Situation eine andere Motivlage besteht, sich der Sonne auszusetzen oder sich vor der Sonne zu schützen. Auch die Bedeutung der Risikowahrnehmung für das gezeigte Verhalten ist jeweils unterschiedlich. So spielt beispielsweise beim Sonnenbaden im Alltag und bei der Solariennutzung die Attraktivitäts- und gesundheitsbezogene positive Einstellung zur Hautbräunung eine Rolle, Risikowahrnehmung dagegen kaum. Interessant ist, dass Sonnenschutzmaßnahmen bei der Ausübung von Hobbys im Freien eher selten getroffen werden. Beim Strandurlaub und beim Sonnenbaden hingegen finden die bekannten Schutzmaßnahmen wie Sonnenbrille, Sonnencreme, sich in den Schatten begeben und Vermeidung von Mittagssonne häufiger Anwendung.

Ein Aspekt der Kommunikation zu UV-Strahlung ist folglich zum einen die eigentliche Aufklärung über UV-Risiken und über Möglichkeiten zur Verringerung der Belastung durch UV-Strahlung. Als weiterer Aspekt müssen aber auch die Einstellungen thematisiert werden, die dazu führen, dass sich der Mensch gezielt der Sonne aussetzt. In der Kommunikation müssen deshalb Fragen des Lebensstils wie die von Schönheitsidealen und weitere angesprochen werden. Langfristig muss versucht werden, diese Einstellungen zu verändern. Dabei müssen verschiedene Zielgruppen angesprochen werden, die sich anhand ihres Informationsstandes und -bedürfnisses sowie ihrer Einstellung zur Nutzung der UV-Strahlung und zum Schutzverhalten unterscheiden.

# DIE STRAHLENEXPOSITION DURCH NATÜRLICHE RADIONUKLIDE IM TRINKWASSER IN DEUTSCHLAND

Radiation Exposure by Natural Radionuclides in Drinking Water in Germany

Ansprechpartner:

Thomas Bünger (030 18333-4312)

*The Federal Office for Radiation Protection (BfS) performed a representative survey on the radiological quality of drinking water in Germany. The water supplies were chosen with regard to density of population and to include regions with normal and those with enhanced natural radioactivity, e. g. in Saxony, Thuringia and Bavaria. The aim of the study was to determine the variation of natural radionuclide concentrations and to estimate effective doses due to drinking water consumption. Samples of drinking water from 580 water supplies were analysed for gross activity, uranium and radium isotopes (U-234, U-235, U-238, Ra-226 and Ra-228), radon-222, lead-210 and polonium-210. For a number of supplies, raw water samples were taken also for comparison. Calculated mean values of committed effective doses for infants amount to less than 0,009 mSv/a up to 0,37 mSv/a and for adults to less than 0,0015 mSv/a up to 1,144 mSv/a. Calculating the Total Indicative Dose (TID) for adults on the basis of the parameters given in the European Drinking Water Directive 98/83/EC (EU, 1998) based on an assumed drinking water consumption of 730 l/a and excluding radon and radon decay products, drinking water of only one of the tested water supplies (0,2 %) exceeded the level of 0,1 mSv/a. The complete study is available at the BfS internet homepage address <http://www.bfs.de/de/ion/nahrungsmittel/trinkwasser.html>.*

Trinkwasser wird in Deutschland zu etwa 75 % aus Grundwasservorkommen und zu etwa 25 % aus Oberflächenwässern (z. B. aus Stauseen und Talsperren) gewonnen. Der durchschnittliche Wasserverbrauch der deutschen Bevölkerung liegt bei ca. 120 Litern pro Person und Tag, wobei davon nur ein bis drei Liter zum Trinken bzw. Kochen verwendet werden. Durch im Wasser in Spuren enthaltene Radionuklide natürlichen Ursprungs trägt der Trinkwasserkonsum zur Strahlenbelastung der Bevölkerung bei.

In Abhängigkeit von den jeweiligen geologischen Verhältnissen enthalten alle Gesteine und damit alle Böden langlebige natürliche Radionuklide der drei Zerfallsreihen, die vom Uran-238, Uran-235 und Thorium-232 ausgehen, und deren kurz- oder sehr kurzlebige Tochternuklide. Durch komplexe Lösungs- und Transportvorgänge gelangen diese Radionuklide in die mit den Niederschlägen der Erdoberfläche zugeführten Wässer und damit in unterschiedlichem Umfang in alle Oberflächen- und Grundwässer (einschließlich Uferfiltrat, Kluft- und Stollenwässer). Die Aktivitätskonzentrationen der natürlichen Radionuklide in Roh- bzw. Trinkwässern und die relativen Aktivitätsanteile der Einzelnuklide variieren in weiten Grenzen und sind unter anderem abhängig von

- der Entnahmetiefe des Wassers,

- dem Uran- und Thorium-Gehalt der Gesteine des Aquifers (Grundwasserleiters),
- der Gesteinsart und den örtlichen hydrogeologischen Verhältnissen des Wasservorkommens,
- den chemischen Eigenschaften und der Halbwertszeit des Radionuklids und
- der Art der Wasseraufbereitung.

## Trinkwasser-Messprogramm des BfS

Zur Ermittlung repräsentativer Daten für die Strahlenbelastung der Bevölkerung in Deutschland durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser führte das BfS im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) in den Jahren 2003 bis 2008 systematische Untersuchungen zur Bestimmung der Gehalte natürlicher Radionuklide in Roh- und Trinkwässern durch. Die Probenahmen in den Wasserwerken wurden ermöglicht durch die Mitwirkung der Umwelt- und Gesundheitsministerien der Länder, der für den Vollzug der Trinkwasserverordnung zuständigen örtlichen Gesundheitsbehörden und insbesondere durch die Wasserversorgungsunternehmen. Beprobte wurden die in die Versorgungsnetze abgegebenen aufbereiteten Trinkwässer (Reinwässer) und die korrespondierenden, d. h. in den Aufbereitungsprozess eingespeisten, Rohwässer oder – in den Fällen, in denen keine Aufbereitung stattfindet – die nicht aufbereiteten Trinkwässer.

Die Auswahl der Wasserwerke erfolgte unter Berücksichtigung bevölkerungsreicher Ballungsgebiete mit normalem natürlichem Untergrund und ausgewählter Gebiete mit erhöhter natürlicher Radioaktivität in Sachsen, Thüringen, Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen. Bestimmt wurden die Gesamtalphabetätigkeit, die Aktivitätskonzentrationen der Uranisotope U-234, U-235 und U-238, die Aktivitätskonzentrationen der Radiumisotope Ra-226 und Ra-228 sowie von Radon-222 und der Radonfolgeprodukte Blei-210 und Polonium-210. Mit dem Abschluss der Untersuchungen liegt erstmals eine aussagekräftige Übersicht über die Strahlenbelastung durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser in der Bundesrepublik Deutschland als Ganzes vor. Untersucht wurden 580 Trinkwässer.

## Ergebnisse des Trinkwasser-Messprogramms

Als ein wesentliches Ergebnis der Studie ist festzuhalten, dass sie die vorliegenden Erkenntnisse zur natürlichen Radioaktivität in Trinkwässern und der dadurch resultierenden Strahlenbelastung im Wesentlichen bestätigt. Die ausgehend von den experimentell ermittelten Radionuklidkonzentrationen neu bestimmten mittleren Werte der Strahlendosis liegen für den Erwachsenen bei etwa 0,009 mSv pro Jahr und für den Säugling bei etwa 0,05 mSv pro Jahr. Damit wird bestätigt, dass Trinkwas-

ser in Deutschland nur geringfügig zur gesamten mittleren Strahlenbelastung aus natürlichen Quellen von 2,1 mSv pro Jahr beiträgt. Allerdings ist die Spannweite der Dosiswerte groß. Die kleinsten ermittelten Werte liegen für den Säugling bei weniger als 0,009 mSv/a und für den Erwachsenen bei weniger als 0,0015 mSv/a.

Der Maximalwert der Ingestionsdosis durch den Trinkwasserkonsum ergab sich für Säuglinge mit 0,97 mSv/a für ein Wasserwerk im Fichtelgebirge, einem Gebiet deutlich erhöhter natürlicher Radioaktivität mit einer Rn-222-Konzentration von 1.840 Bq/l. Für den Erwachsenen errechnet sich aufgrund des höheren Trinkwasserkonsums eine Dosis von 1,14 mSv/a. Der zweithöchste Wert einer Ingestionsdosis für Säuglinge wurde – bedingt durch hohe Po-210-Gehalte – mit 0,925 mSv/a bei einem Trinkwasser aus Sachsen-Anhalt festgestellt. In diesem Fall lag die berechnete Ingestionsdosis für den Erwachsenen mit 0,086 mSv/a mehr als 10-fach niedriger, da die Dosiskoeffizienten von Po-210 gegenüber dem Säugling wesentlich niedriger sind.

Die relativen Anteile der einzelnen Radionuklide zur Ingestionsdosis sind sehr unterschiedlich und unterscheiden sich auch in Abhängigkeit von der betrachteten Altersgruppe. In der Abbildung unten sind die relativen Anteile der natürlichen Radionuklide an der Ingestionsdosis für Säuglinge und zum Vergleich für Erwachsene und als Kreisdiagramm dargestellt. Dominierend für den Erwachsenen ist der Dosisbeitrag von Rn-222, gefolgt von Ra-228 und dem Radonfolgeprodukt Po-210. Dominierend ist für Säuglinge der Dosisbeitrag durch Ra-228. Demgegenüber ist der Beitrag des nahezu gleich radiotoxischen Po-210 wesentlich geringer, da bei diesem Radionuklid die mittleren Aktivitätskonzentrationen niedriger sind.

### Bewertung und Folgerungen

Zur Ermittlung und Bewertung der Strahlenbelastungen, die aus den im Trinkwasser enthaltenen natürlichen Radionukliden resultieren, existieren national wie international unterschiedliche Ansätze. In Deutschland ist hierfür die Trinkwasser-Verordnung (TrinkwV 2001) maßgeblich, die die Vorgaben der Richtlinie 98/83/EU (EU-Trinkwasserrichtlinie) umsetzt und eine "Gesamtrichtdosis" von 0,1 mSv/a als Bewertungsmaßstab vorgibt. Der Bewertungsmaßstab der EU-Trinkwasserricht-

linie stellt allerdings keinen umfassenden strahlenhygienischen Ansatz dar, da nicht alle dosisrelevanten Radionuklide und nicht alle im Strahlenschutz sonst betrachteten Altersgruppen berücksichtigt werden.

Je nach Ansatz kommt man zu folgenden Ergebnissen:

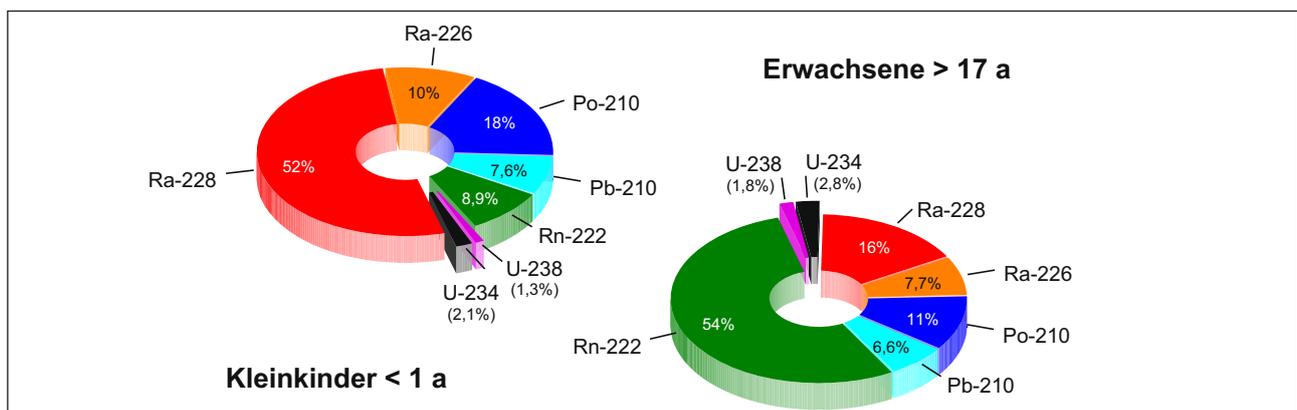
- Bei Zugrundelegung des 2008 vorgelegten EU-Entwurfes zu Mess- und Berechnungsverfahren der Gesamtrichtdosis von 0,1 mSv/a, wonach nur U-234, U-235, U-238, Ra-226 und Ra-228 zugrunde zu legen sind, wird die Gesamtrichtdosis von 0,1 mSv/a in einem Fall überschritten (0,2 % der untersuchten Proben).
- Werden in die Bewertung zusätzlich Rn-222 und seine Zerfallsprodukte (Pb-210 und Po-210) einbezogen, wie dies eine weitergehende Empfehlung der EU-Kommission zum Schutz der Bevölkerung vor Radon im Trinkwasser aus dem Jahr 2001 vorsieht, sind bei 57 der untersuchten Wasserwerke (10 %) Überschreitungen der Ingestionsdosis von 0,1 mSv/a festzustellen.
- Mit einem Bewertungsansatz, der speziell Säuglinge und Kleinkinder zum Maßstab nimmt, ergeben sich in 131 der untersuchten Wasserwerke (23 %) Überschreitungen der Ingestionsdosis von 0,1 mSv/a.

Das BfS empfiehlt deshalb,

- alle Radionuklide zu berücksichtigen, die zur Ingestionsdosis beitragen.
- den Richtwert für die Gesamtrichtdosis von 0,1 mSv/a auch für die besonders strahlenempfindliche Altersgruppe der Säuglinge zu beachten.

Da die erforderlichen Technologien zur Reduktion der Radionuklidgehalte zum Teil noch entwickelt bzw. weiterentwickelt werden müssen, sind Aspekte der wirtschaftlichen und technologischen Machbarkeit zu berücksichtigen. Auch muss die Frage der Beseitigung der anfallenden, radioaktiv kontaminierten Rückstände behandelt werden.

Die Studie des BfS bildet eine wichtige Grundlage für den vom BMU vorgelegten Entwurf für die Novellierung der TrinkwV 2001 im Hinblick auf die Einführung einer routinemäßigen Überwachung der radioaktivitätsbezogenen Parameter.



Relative Anteile der natürlichen Radionuklide an der Ingestionsdosis infolge des Verzehrs von Trinkwasser für Säuglinge (bis 1 Jahr) und Erwachsene

# HÄUFIGKEIT VON KREBS BEI KINDERN IN DER UMGEBUNG VON KERNKRAFTWERKEN – DIE KiKK-STUDIE

Frequency of Childhood Cancer in the Vicinity of German NPPs – The KiKK Study

Ansprechpartner:

Bernd Grosche (030 18333-2260)

*The results of the KiKK study were presented in detail in the annual report of the Federal Office for Radiation Protection from 2007. The main result of the study is a trend of an increasing risk of childhood cancer especially of childhood leukaemia among those children below 5 years of age with decreasing distance between the place of residence and the nearest nuclear site. This caused controversial discussions throughout the year. The study was evaluated by a group of three epidemiologists, who were members of the Study's Expert Group, and by the German Radiation Protection Commission. Both evaluations concluded that the study was conducted according to good epidemiological practice and that the results were calculated correctly. Further analyses were conducted by the study team based on the data set indicating that the increased risk of childhood leukaemia near NPPs might be restricted to the nearfield of the reactors, but it is impossible to define the size of the nearfield. The results of the KiKK study raised concern in other countries, too. Based on existing data from ecological studies, groups in France and in the UK tested whether there was an increased risk on childhood leukaemia among children below 5 years of age in these countries. This was not the case. Switzerland has launched a nationwide cohort study, and France has installed an expert group to define an interdisciplinary research programme. On one side the results of the KiKK study cannot be explained solely by the radioactive discharges from the nuclear plants, and on the other side radioactive releases can not be excluded as a cause for the observed increase in risk. Due to the still unresolved issue of causation, BfS cannot recommend parents to consider relocation and cannot advise the government to change dose limits. Future research has to put emphasis on the investigation of the causes of childhood leukaemia, which has to be done in a multidisciplinary fashion.*

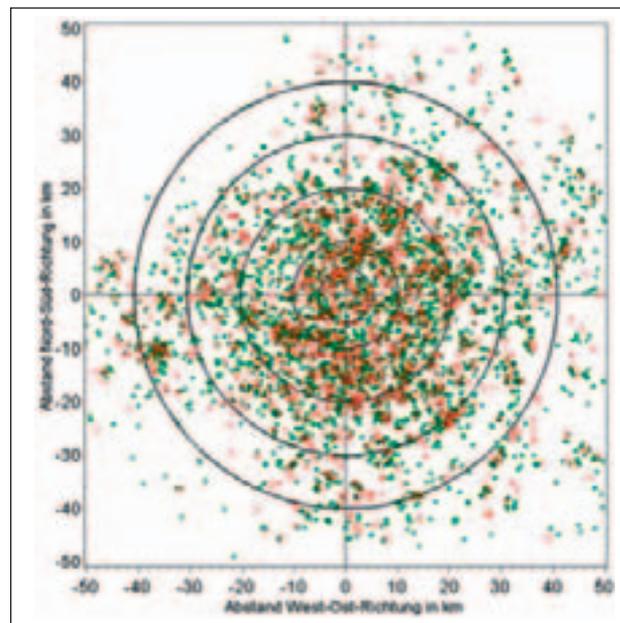
Im Jahresbericht 2007 des BfS wurden die Ergebnisse der KiKK-Studie einschließlich deren Wahrnehmung in der Öffentlichkeit dargestellt. Was ist seitdem geschehen?

## Ergebnisse der KiKK-Studie nach Auswertepfad

In der KiKK-Studie wurden alle 1.592 dem Deutschen Kinderkrebsregister gemeldeten Kinder berücksichtigt, die zwischen 1980 und 2003 an Krebs erkrankten, zum Zeitpunkt der Diagnose der Erkrankung in den festgelegten Regionen um die 16 deutschen Kernkraftwerksstandorte wohnten und zum Zeitpunkt der Diagnose unter fünf Jahre alt waren. Für jedes an Krebs erkrankte Kind wurden nach dem Zufallsprinzip drei Kontrollen ausgewählt, die das gleiche Alter und Geschlecht wie das jeweilige Kind hatten sowie in der gleichen Umgebungsregion wohnten. Es wurde geprüft, ob die an Krebs erkrankten Kinder durchschnittlich näher am

Kernkraftwerksstandort der Region wohnten als die jeweiligen Kontrollen.

Sowohl für alle Krebserkrankungen als auch für Leukämien steigt die Zahl der Neuerkrankungen mit zunehmender Nähe zum Reaktorstandort an. Der Befund für alle Tumoren ist wesentlich auf den Befund für Leukämien zurückzuführen. Eine Auswertung nach Umkreisen zeigt, dass Tumorerkrankungen insgesamt und Leukämieerkrankungen im Nahbereich sowohl innerhalb des 5-km-Umkreises als auch innerhalb des 10-km-Umkreises um Kernkraftwerksstandorte signifikant häufiger auftreten als in den jeweiligen Bereichen außerhalb.



**Räumliche Lage der Fälle und Kontrollen im 50-km-Umkreis zum jeweils nächstgelegenen Kernkraftwerk, alle Tumorerkrankungen, 1980-2003 (aus: Kaatsch P, Spix C, Schmiedel S, Schulze-Rath R, Mergenthaler A, Blettner M: Epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie); Abschlussbericht)**

Die Ergebnisse sind keinem einzelnen Reaktorstandort zuzuordnen, sondern gelten für alle 16 Kernkraftwerksstandorte insgesamt.

## Ergebnisse weitergehender Analysen der Originaldaten der KiKK-Studie

Die meisten der im Folgenden diskutierten Beiträge sehen die Tatsache der Risikoerhöhung als wissenschaftlich klar erwiesen an. Kontrovers diskutiert wurde dagegen die Frage, ob Radioaktivität als Ursache ausgeschlossen werden könne und wie weit der Entfernungsbereich des erhöhten Risikos reicht.

Im Dezember 2007 wurde die Strahlenschutzkommission (SSK) von Bundesumweltminister Gabriel beauftragt, die Ergebnisse der KiKK-Studie zu prüfen und zu bewerten. Die SSK beauftragte die britischen Epidemiologen

Darby und Read, die Originaldaten der KiKK-Studie zu reanalysieren. Diese Reanalysen bestätigten die oben genannten Ergebnisse der Auswertungen durch die Mainzer Studiengruppe. Ferner wurden von Darby und Read weitergehende explorative Analysen durchgeführt. Diese weitergehenden explorativen Analysen können Hinweise dazu geben, welche in den Daten vorhandenen Umstände zu den gefundenen Resultaten geführt haben könnten bzw. wie robust diese Aussagen sind. Entsprechend wurde geprüft, ob der beobachtete Risikoanstieg für Leukämien sich nur im 5-km-Umkreis zeigt oder ob er auch außerhalb beobachtet wird. Diese Prüfung kommt unter anderem zu dem Schluss, dass das erhöhte Risiko für akute Leukämien im 5-km-Umkreis um die Reaktorstandorte bestätigt werden kann, im 5- bis 10-km-Umkreis wurde hingegen nur eine leichte, statistisch nicht signifikante Erhöhung beobachtet. Wichtig ist weiterhin, dass Darby und Read feststellen, dass die gefundene Erhöhung des Risikos nicht durch die überwiegende ländliche Region der KKW-Standorte erklärt werden kann.

Die SSK bestätigt in ihrer im Oktober 2008 vorgestellten Stellungnahme (<http://www.ssk.de/pub/kurzinfo/h57.htm>) die vom BfS vertretenen Grundpositionen: „Die KiKK-Studie wurde nach den Grundsätzen der guten epidemiologischen Praxis durchgeführt. Die Autoren haben sich dabei streng an die Vorgaben des Auswertepans gehalten. Sie sind lediglich bei der Berechnung des attributiven Risikos über die Vorgaben des Auswertepans hinausgegangen. Es wurden von der SSK wie auch bei der Überprüfung durch Darby und Read keine Fehler bei der Durchführung entdeckt. Die Ergebnisse wurden vielmehr bestätigt.“ Datengewinnung, Datenhaltung und Datenqualität der KiKK-Studie seien mehrfach überprüft und bestätigt worden. Die statistischen Auswertemethoden, die bei der KiKK-Studie zur Anwendung kamen, würden Standardverfahren zur Auswertung von Fall-Kontroll-Studien entsprechen. Insgesamt sind die statistischen Analysen solide und korrekt durchgeführt worden. Der Untersuchungsansatz sei geeignet, trotz zahlreicher methodischer Schwächen einen Abstandstrend zu analysieren. Die SSK kommt in ihrer Bewertung allerdings zum Schluss, dass der Risikoanstieg im Nahbereich der Kernkraftwerke nicht kausal mit der Radioaktivität im Zusammenhang steht, die von Kernkraftwerken emittiert wird. Sie begründet diese Bewertung mit der im Verhältnis zur Strahlenbelastung aus natürlichen Quellen nur geringfügigen Strahlenexpositionen durch Ableitungen aus Kernkraftwerken. Eine ausführliche Begründung der Bewertung der SSK wurde im Februar 2009 vorgestellt (<http://www.ssk.de/werke/volltext/2008/ssk0815.pdf>). Da es sich bei der KiKK-Studie um eine Fall-Kontroll-Studie handelt, ist in der Bewertung der Ergebnisse von primärem Interesse, in welchen Faktoren und möglichen Störgrößen sich Fälle von den Kontrollen unterscheiden. Der Vergleich der Strahlenbelastung aus natürlichen Quellen mit der Höhe der Belastung aus Kernkraftwerksableitungen lässt diese besondere Fragestellung einer Fall-Kontroll-Studie unbeantwortet.

Die Mainzer Studiengruppe veröffentlichte im Oktober 2008 im Deutschen Ärzteblatt Ergebnisse von Analysen, die über die im Auswertepan zur KiKK-Studie festgelegten hinaus gehen. Dabei zeigt sich wie bei der Analyse von Darby und Read im 5-km-Umkreis ein mehr als verdoppeltes Risiko. In anderen Abstandregionen (5-10, 10-30 und 30-50 km) wurde kein erhöhtes Risiko beobachtet. In Anlehnung an früher durchgeführte ökologische Studien wurde ferner die Erkrankungsrate in der Umgebung der Reaktoren ins Verhältnis gesetzt zur Erkrankungsrate im Bundesdurchschnitt. Dabei zeigte sich, dass die Erkrankungshäufigkeit im 5-km-Umkreis um 40 % über der im Rest des Landes liegt. Für alle anderen genannten Abstandskategorien liegen die Erkrankungs-raten nahe bei denen des Landesdurchschnitts.

#### **Einschätzung der Ergebnisse des Abschlussberichts der KiKK-Studie durch drei Epidemiologen des Expertengremiums**

Drei Epidemiologen des Expertengremiums unterzogen im März 2008 den Abschlussbericht zur KiKK-Studie und weitere verfügbare Unterlagen einer Qualitätsprüfung. Sie kamen zum Schluss, dass die Studie nach dem bestmöglichen Design durchgeführt wurde. Ferner weisen sie darauf hin, dass bei Anwendung der Kausalitätskriterien der Epidemiologie eine Verursachung des beobachteten Effekts durch radioaktive Abgaben der Reaktoren nicht ausgeschlossen werden kann. Diese Kausalitätskriterien definieren, unter welchen Bedingungen eine epidemiologische Studie nicht nur Aussagen über Risikoerhöhungen erlaubt, sondern auch über die möglichen Ursachen dafür.

Die drei Epidemiologen machen folgende Vorschläge für weitergehende Untersuchungen:

1. Es erscheint sinnvoll, der Frage nachzugehen, ob einzelne Kernkraftwerke in besonderer Weise zur insgesamt beobachteten Risikoerhöhung beitragen und welche zeitlichen Muster zu beobachten sind.
2. Es erscheint sinnvoll und notwendig, verschiedene Szenarien zu erstellen, um zu bewerten, welchen Beitrag Strahlung an der beobachteten Risikoerhöhung – eventuell gemeinsam mit anderen Ursachen – haben kann.
3. Neben der genaueren Untersuchung der Strahlenbelastung scheint es auch angeraten, die bisher verwendeten Annahmen über Strahlenwirkung zu überprüfen.

Weitere Studien vom Design der KiKK-Studie halten sie in Deutschland nicht für sinnvoll, da alle verfügbaren Daten in der KiKK-Studie genutzt wurden und man etwa weitere 25 Jahre warten müsse, um eine solche Studie noch einmal durchführen zu können.

#### **Einschätzung der Ergebnisse des Abschlussberichts der KiKK-Studie durch verschiedene Organisationen**

Die Gesellschaft für Strahlenschutz (GSS) hat sich im September 2008 in einem eintägigen Workshop mit den Ergebnissen der KiKK-Studie auseinandergesetzt. Im Ergebnis sieht sie die Ergebnisse der KiKK-Studie als Hinweis darauf, dass das Strahlenrisiko für ungeborene und Kinder unter 5 Jahren bisher unterschätzt wurde. Dementsprechend könne die Strahlenbelastung durch die

Kernkraftwerke als Ursache für das Auftreten kindlicher Leukämie nicht ausgeschlossen werden.

Nach Ansicht der Internationalen Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges, Ärzte in sozialer Verantwortung e.V. (IPPNW) gibt es ernst zu nehmende Erklärungen dafür, dass die radioaktiven Emissionen aus den Kernkraftwerken die Ursache für die erhöhten Krebsraten sind. Die Bundesregierung wird von IPPNW zum Handeln aufgefordert, d. h. zur Stilllegung der Kernkraftwerke.

Der Fachverband für Strahlenschutz stellt fest, dass die KiKK-Studie in weiten Teilen der Bevölkerung außerordentlich große Aufmerksamkeit gefunden hat. Das Hauptergebnis der Studie ist nach seiner Meinung der statistisch signifikante Anstieg des Kinderkrebsrisikos mit der Nähe zum nächsten Kernkraftwerk. Diese Aussage beinhaltet keine Angabe über die kausale Natur dieser Abhängigkeit.

In der StrahlenschutzPRAXIS 3/2008 wurde ein Beitrag mit dem Titel publiziert "Kritische Bewertung der Kinderkrebsstudie in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK): Kein mit abnehmendem Abstand zunehmendes zusätzliches Risiko". Der Artikel versucht aufzuzeigen, dass das Ergebnis der KiKK-Studie nicht der Nachweis eines mit abnehmendem Abstand zunehmendes Risiko sei, sondern dass dieser Effekt gerade nicht gezeigt wurde und dass es, neben der bekannten Leukämiehäufung in der Umgebung des KKW Krümmel, keine erhöhten Leukämieraten in der Umgebung westdeutscher Leistungsreaktoren gebe. Die KiKK-Studie habe vielmehr bereits bekannte Häufungen (Cluster) von Leukämieerkrankungen gefunden, die in keinem Zusammenhang zu den Kernkraftwerksstandorten stünden. Das BfS stellt dazu fest: Dass kindliche Leukämien generell in so genannten Clustern, d. h. in engen Grenzen, räumlich und zeitlich gehäuft auftreten, kann entgegen der Behauptung der Autoren für Deutschland laut Aussagen des Deutschen Kinderkrebsregisters nicht festgestellt werden. Ziel der KiKK-Studie war es nicht, nach weiteren sog. Clustern in der Umgebung von KKW's zu suchen, sondern es ging darum die Fragestellung zu prüfen, ob insgesamt in der Umgebung in Abhängigkeit vom Abstand die Erkrankungshäufigkeit erhöht ist. Dies ist eindeutig der Fall.

## Aktivitäten nach Abschluss der KiKK Studie

### Aktivitäten des BfS

Im Mai 2008 führte das BfS zusammen mit der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) in Berlin einen internationalen Workshop zu den Ursachen von Leukämien im Kindesalter durch. Es wurden alle in der wissenschaftlichen Literatur diskutierten Ursachen für Leukämien vorgestellt. Diese umfassten u. a. Umweltfaktoren wie ionisierende Strahlung, nichtionisierende Strahlung und den Einsatz von Chemikalien in der Landwirtschaft, eine mögliche Virusgenese sowie genetische Faktoren.

Der Workshop bot eine gute Grundlage für die Entwicklung weiterer Forschungsfragen und -ansätze. Der Tagungsband ist in der Zeitschrift Radiation Protection Dosimetry erschienen. Der Workshop hat einmal mehr deutlich gemacht, dass es sich bei der Entstehung von Leukämien um ein multifaktorielles Geschehen handelt, das in seiner Komplexität noch nicht verstanden wird. Es gilt, durch gezielte zukünftige Forschung die Ursachen der Erkrankung aufzuklären, die trotz der verschiedenen Anstrengungen in unterschiedlichen Bereichen der Wissenschaft noch weitgehend unverstanden sind. Dazu bedarf es eines umfassenden, koordinierten multidisziplinären Forschungsprogramms, das alle Aspekte der Krankheitsentstehung einschließt. Ein solches Programm muss möglichst international koordiniert werden und auf Kooperation verschiedener Fachdisziplinen basieren und langjährig angelegt sein.

Zur Beantwortung der Frage, ob Emissionen aus Kernkraftwerken im Normalbetrieb die beobachteten Fallzahlen kindlicher Leukämien erklären können, hat das BfS die bestehenden Überwachungsprogramme und Regelwerke zur Bestimmung der Exposition der Bevölkerung in der Umgebung von Kernkraftwerken erneut überprüft. In Deutschland werden die Ableitungen von radioaktiven Stoffen aus kerntechnischen Anlagen über die Pfade „Ableitung Luft“ über den Kamin und „Ableitung Wasser“ über den Vorfluter von den Betreibern im Rahmen der Eigenüberwachung und entsprechend den gesetzlichen Regelwerken nach Art und Aktivität spezifiziert und bilanziert. Darüber hinaus hat der Genehmigungsinhaber auch Messungen in der Umgebung seiner kerntechnischen Anlage (Immissionsüberwachung) durchzuführen.

Die Ergebnisse der Emissions- und Immissionsmessungen werden von den Betreibern in Quartals- und Jahresberichten zusammengestellt, von der zuständigen Aufsichtsbehörde fachlich geprüft, bei den Leitstellen „Abluft“ und „Abwasser“ des BfS auf Plausibilität geprüft. Zusätzlich zu den Messungen der Betreiber wird die Aktivitätskonzentration von radioaktiven Stoffen in der Kaminfortluft durch Messeinrichtungen der Kernanlagenfernüberwachung (KFÜ) der Aufsichtsbehörden der jeweiligen Bundesländer kontinuierlich überwacht und dokumentiert. Bestandteil dieser KFÜ-Systeme sind darüber hinaus kontinuierlich arbeitende Messeinrichtungen zur Immissionsmessung in der unmittelbaren Umgebung kerntechnischer Anlagen.

Aus den im Rahmen der Emissionsüberwachung „Fortluft“ ermittelten Aktivitätsableitungen aller Kernkraftwerke in Deutschland ergibt sich unter konservativen, d. h. die Exposition überschätzenden Annahmen, eine Strahlenbelastung von weniger als 10  $\mu\text{Sv/a}$  für Kleinkinder. Dies wird jeweils in den Jahresberichten Umwelt-radioaktivität und Strahlenbelastung dargestellt. Strahlenbelastungen in dieser Höhe sind um etwa den Faktor 1.000 zu niedrig, um allein das beobachtete erhöhte Krebs- bzw. Leukämierisiko bei Kindern erklären zu können.

## Aktivitäten im Ausland

Auf der Basis vorhandener Daten aus sog. ökologischen Studien, die bisher allerdings nicht für die Altersgruppe der unter 5-Jährigen gesondert ausgewertet worden waren, wurde in Frankreich überprüft, ob es dort ebenfalls im Nahbereich um Kernkraftwerke ein erhöhtes Leukämierisiko gibt. Dies ist nicht der Fall. Auch geben die Daten keinen Hinweis auf das Vorliegen eines Abstandstrends. Es ist allerdings festzuhalten, dass es sich in Frankreich um eine **ökologische Studie** handelt, die eine deutlich geringere Aussagekraft als eine **Fall-Kontroll-Studie**, wie z. B. die KiKK-Studie. Außerdem sind die Fallzahlen hier deutlich geringer als in Deutschland. Gleichwohl werden die Ergebnisse der KiKK-Studie in Frankreich sehr ernst genommen. So wurde eine Arbeitsgruppe etabliert, die innerhalb eines Jahres einen Plan für weitere Forschungsaktivitäten ausarbeiten soll. Ein Mitarbeiter des BfS ist in diese Arbeitsgruppe berufen worden.

Wie in Frankreich wurde auch in Großbritannien auf der Basis vorhandener Daten aus ökologischen Studien für die unter 5-Jährigen überprüft, ob es hier im Nahbe-

reich von Kernkraftwerken ein erhöhtes Leukämierisiko gibt. Das ist nicht der Fall. Eine explizite Überprüfung auf einen Abstandstrend zeigte, dass ein solcher nicht zu beobachten ist. Auch hier gilt, dass es sich um eine ökologische Studie mit – im Vergleich zur KiKK-Studie – einer geringen Fallzahl handelt.

In der Schweiz wurde mit der CANUPIS-Studie eine landesweite **Kohortenstudie** gestartet, mit der überprüft werden soll, ob Kinder, die zum Zeitpunkt der Geburt in der Nähe von Kernreaktoren wohnten, ein höheres Leukämierisiko haben. Ebenfalls berücksichtigt werden können bei diesem Studienansatz auch Standorte anderer industrieller Einrichtungen. Eine Einbeziehung der deutschen Seite der Umgebung grenznaher Reaktoren wurde nach intensiver Prüfung der Voraussetzungen in der Schweiz und in Deutschland wegen des Fehlens eines der Schweiz vergleichbaren Geburtenregisters als nicht durchführbar bewertet. Zwar besteht mit dem Deutschen Kinderkrebsregister ein entsprechendes Krebsregister, aber Basis der Kohortenstudie sind Jahrgangskohorten aus dem Schweizer Geburtenregister, das in vergleichbarer Form und Genauigkeit in Deutschland nicht existiert und über Register der Standesämter und Meldeämter auch nicht ersetzt werden kann.

Sowohl in Japan als auch in Kanada wurden die Ergebnisse der KiKK-Studie mit großem Interesse aufgenommen. Die dortigen amtlichen Stellen prüfen, in welcher Form sie Konsequenzen aus den Ergebnissen ziehen sollen.

## Bewertung der Befunde durch das Bundesamt für Strahlenschutz

Um die im 5-km-Umkreis der Kernkraftwerke beobachtete Verdoppelung des Leukämieerkrankungsrisikos für Kinder unter 5 Jahren erklären zu können, wäre auf der Basis des gegenwärtigen strahlenbiologischen und -epidemiologischen Wissens eine Strahlenbelastung in Höhe von etwa 10 mSv notwendig, d. h. eine Dosis, die um den Faktor 1.000 über den Abschätzungen liegt, die sich aus der Berechnung der Strahlenexposition der Fälle und Kontrollen entsprechend den Vorgaben der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) ergibt. Dies gilt allerdings für den Fall, dass Strahlung durch die Ableitungen der Kernkraftwerke alleine als Verursacher in Frage kommt. In der bisherigen Diskussion der Ergebnisse der KiKK-Studie wurde eine Vielzahl möglicher Ursachen geprüft. Keiner der anderen genannten Faktoren verändert sich plausibler mit dem Abstand zum nächstgelegenen Kernkraftwerk. Kindliche Krebserkrankungen und Leukämie stellen sich in ihrer Entstehung als multifaktorielle Krankheitsgeschehen dar. Ein allein oder überwiegend verantwortlicher Faktor, d. h. auch die Strahlenbelastung durch Ableitungen aus den Kernkraftwerken, kann nicht erkannt werden. Das heißt umgekehrt, dass bislang kein möglicher Risikofaktor explizit ausgeschlossen werden kann, insbesondere der einzige nicht, für den eine Abstandsabhängigkeit entsprechend den Studienergebnissen möglich erscheint.

Das Bundesamt für Strahlenschutz stellt fest, dass es derzeit keine befriedigenden Antworten auf die Fragen gibt, die sich aus den Befunden der KiKK-Studie ergeben. Auf Grund der deutlichen Abhängigkeit des Risikos von der Entfernung zu den Standorten der Kernkraftwerke liefert

## Charakteristika der unterschiedlichen Studienarten

### Fall-Kontroll-Studie

In einer Fall-Kontroll-Studie werden sowohl für erkrankte Personen (Fälle) als auch für hinsichtlich Alter und Geschlecht vergleichbare nicht erkrankte Personen (Kontrollen) Daten auf individueller Ebene erhoben und miteinander verglichen, um die Fragen zu beantworten, ob Fälle häufiger belastet waren als Kontrollen.

### Kohortenstudie

In einer Kohortenstudie wird eine definierte Bevölkerung über einen längeren Zeitraum beobachtet, um die Frage zu beantworten, ob belastete Personen ein höheres Risiko haben als vergleichbare nicht belastete Personen. Dabei werden auch die Daten auf der individuellen Ebene berücksichtigt.

### Ökologische Studie

In ökologischen Studien wird die Erkrankungshäufigkeit in verschiedenen Regionen miteinander verglichen (z. B. Umgebung von Kernkraftwerken mit Gesamtdeutschland oder einer definierten Vergleichsregion), um die Frage zu beantworten, ob das Erkrankungsrisiko in einer Region höher ist als in einer anderen. Da dabei keine Daten für einzelne Personen erhoben werden, können auch keine Aussagen zum Einfluss bestimmter Expositionen und individueller Störgrößen auf mögliche regionale Unterschiede gemacht werden. Fall-Kontroll-Studien und Kohortenstudien liefern belastbarere Ergebnisse als ökologische Studien. Sie dienen der Überprüfung festgelegter Fragestellungen im Gegensatz zu den ökologischen Studien, die herangezogen werden um neue Fragen zu stellen, die dann wieder mit belastbareren Studien überprüft werden müssen.

die Studie Hinweise auf mögliche Ursachen, aber keine Beweise.

Das Bundesamt für Strahlenschutz stellt weiter fest, dass die Ergebnisse der KiKK-Studie Anlass zu weiteren Untersuchungen geben, um die Ursachen kindlicher Leukämieerkrankungen verstehen zu können. Dabei ist das Zusammenwirken unterschiedlicher Faktoren zu berücksichtigen, z. B. solcher aus der Genetik und der Umwelt. Das BfS setzt sich dafür ein, dass hierzu sowohl auf nationaler als auch auf EU-Ebene koordinierte Schritte ergriffen werden.

Auf der Basis der Ergebnisse der KiKK-Studie, d. h. eines zahlenmäßig geringen, aber nachweisbaren Risikoanstiegs, niedriger, nicht messbarer, sondern nur abschätzbarer Strahlenbelastungen und fehlender plausibler Erklärungen kann Eltern nicht empfohlen werden, aus der Umgebung von Kernkraftwerken wegzuziehen. Wegen der fehlenden nachvollziehbaren Erklärungen und der nicht nachgewiesenen Verursachung durch einen auslösenden Faktor fehlt derzeit auch eine belastbare wissenschaftliche Grundlage, die Grenzwerte zu senken.

# AUSGEWÄHLTE EINZELTHEMEN

Selected Working Areas of BfS

## SCHUTZ VOR IONISIERENDER UND NICHTIONISIERENDER STRAHLUNG

Protection from Hazardous Effects of Ionizing and Non-ionizing Radiation

### NETZWERKE BIOLOGISCHE DOSIMETRIE FÜR EINEN GROSSEN STRAHLENUNFALL

Biological Dosimetry Networks for Use in a Large-Scale Radiation Accident

Ansprechpartner:

Horst Romm (030 18333-2214)

*Biological dosimetry, based on the analysis of dicentric chromosomes, is an internationally established, independent method applied in the area of radiation protection. Biodosimetry is mainly applied, in addition to physical dosimetry, with the aim of individual dose assessment, especially after unclear or suspected radiation exposures. A new challenge has emerged in recent years in the form of a possible large-scale radiation accident potentially involving large numbers of exposed persons. In order to be prepared to act in an efficient manner in such an accident, the established cytogenetic laboratories have increased their cooperation at the international level. In 2008 a global network "BioDoseNet" was established with support of WHO. General experience and results of inter-comparisons will be reported and future options will be discussed.*

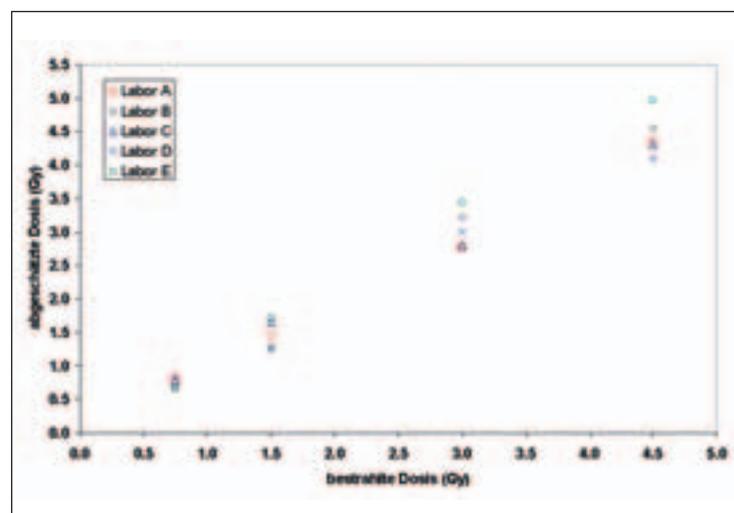
In den letzten Jahren hat nach Einschätzung der für die innere Sicherheit verantwortlichen Behörden das Risiko für einen radiologischen oder nuklearen Zwischenfall mit terroristischem Hintergrund weltweit zugenommen.

Im Falle eines Strahlenunfalls mit einer großen Anzahl potenziell bestrahlter Personen ist eine schnelle Beurteilung der Lage von großer Bedeutung, um tatsächlich exponierte Personen möglichst schnell zu identifizieren und einer medizinischen Beratung und gegebenenfalls auch Therapie zuführen zu können. Voraussetzung für die Gefährdungsabschätzungen ist die quantitative Ermittlung der individuell erfahrenen Dosis.

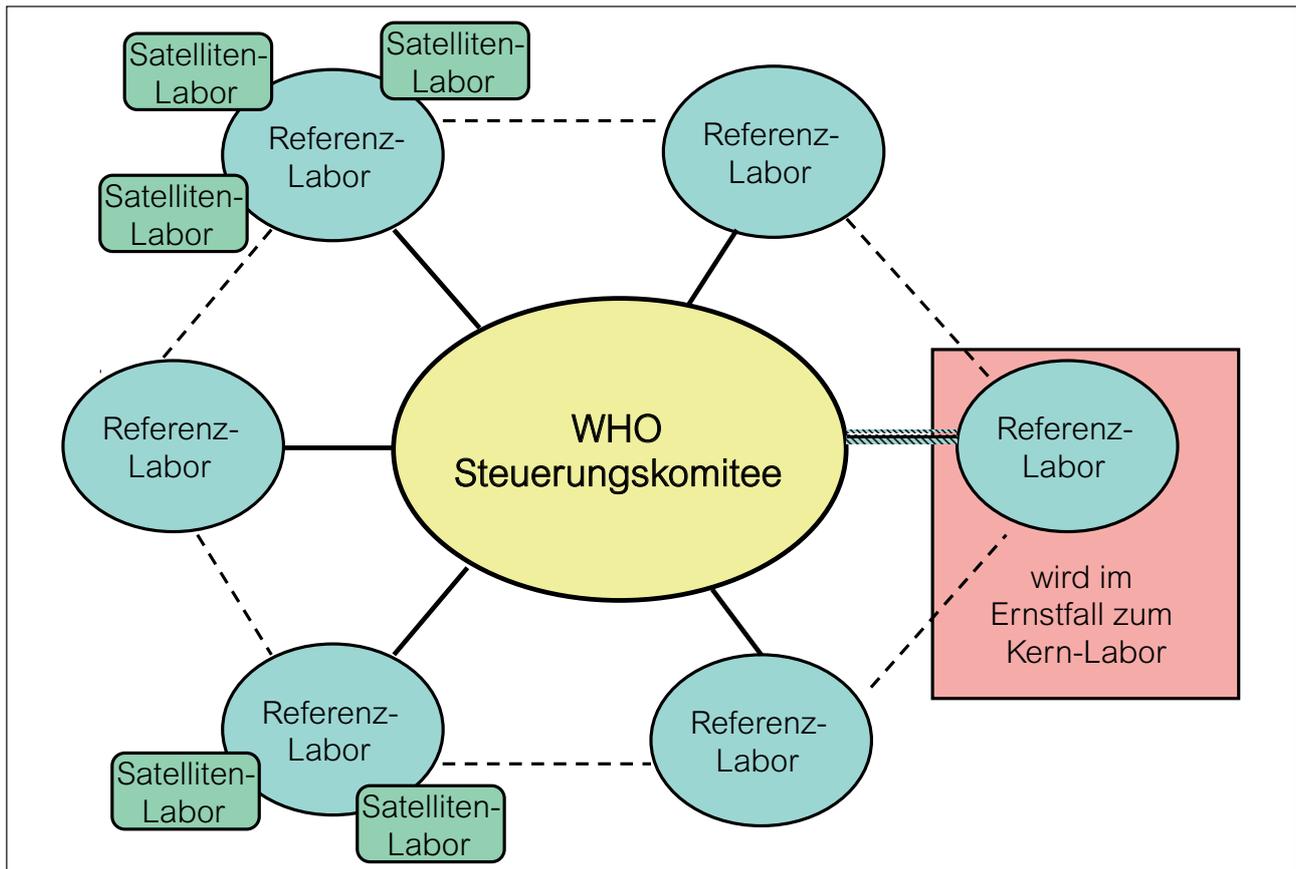
Die biologische Dosimetrie ermöglicht die Quantifizierung einer Strahlenbelastung durch ionisierende Strahlung anhand biologischer Indikatoren. Grundsätzlich stehen nach einer akuten Strahlenexposition die beiden etablierten Methoden der Analyse dizentrischer Chromosomen und von Mikrokernen zur Verfügung (s. BfS-Jahresbericht 2005). Die Methode der Chromosomenanalyse ist standardisiert und wird in vielen Ländern als Methode der Wahl im Rahmen des beruflichen Strahlenschutzes, vor allem in Ergänzung zur physikalischen Dosimetrie, eingesetzt. Da die Methode der dizentrischen Analyse zeitaufwändig ist, wurde auf europäischer Ebene zur Bündelung der Ressourcen und zur Beschleunigung der Dosisabschätzung ein

Netzwerk von drei fachkundigen biologischen Dosimetrielaboratorien (Health Protection Agency (HPA)/Großbritannien, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)/Frankreich und Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)/Deutschland) etabliert (s. BfS-Jahresbericht 2005). Im Jahr 2007 konnte in einem internationalen Ringversuch unter Federführung des Armed Forces Radiobiology Research Institute (AFRRI, Bethesda, USA), an dem sich das Bundesamt für Strahlenschutz beteiligt hat, gezeigt werden, dass eine gegenseitige Unterstützung auch zwischen Laboratorien weltweit möglich ist. Die Aufgabe bestand darin, dass jedes Labor mit der eigenen Dosiseffektkurve eine Dosisabschätzung für die vier mit verschiedenen Dosen bestrahlten Blindproben vornehmen musste. Die erzielten Ergebnisse zeigten hinsichtlich der Vergleichbarkeit der Kalibrierkurven eine gute Übereinstimmung. Für den gewählten Dosisbereich der Blindproben von 0,75 bis 4,5 Gy war eine exakte Dosisabschätzung von allen beteiligten Labors möglich. Der Versand von Vollblut hatte demnach trotz unterschiedlich langer Transportwege und -zeiten keinen Einfluss auf das Ergebnis.

Im Jahr 2008 konnte im Rahmen eines weiteren Ringversuchs gezeigt werden, dass auch die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse des dizentrischen Testes zwischen Biodosimetrielaboratorien in Lateinamerika und Europa gegeben ist. An diesem Ringversuch waren 7 Laboratorien aus Südamerika und 6 Laboratorien aus Europa beteiligt.



Ergebnis der Dosisabschätzungen von kodiert versandten Vollblutproben aus dem Ringversuch mit 5 beteiligten Biodosimetrie-Laboren in den USA, Kanada, Deutschland und Japan



**Schematische Darstellung der Vernetzung und gegenseitigen Unterstützung der beteiligten Laboratorien im WHO BioDoseNet. Im Falle eines Unfalles kann ein Referenzlabor vom WHO-Steuerungskomitee zum koordinierenden Kernlabor bestimmt werden.**

Im September 2008 wurde von der WHO ein globales Biodosimetrie-Netzwerk „BioDoseNet“ etabliert. An den vorbereitenden Beratungen haben Experten und Behördenvertreter aus Europa, Kanada, Nord- und Südamerika und Asien teilgenommen. Das BfS ist für Deutschland beteiligt. Es bestand international Konsens über den Bedarf eines derartigen Netzwerkes und es wurde einvernehmlich eine Steuerungsgruppe und Arbeitsgruppen gebildet, in denen auch das BfS vertreten ist.

In diesem Gremium werden allgemeine Rahmenbedingungen und Handlungskonzepte für den Notfall erarbeitet. Die weitere internationale Vernetzung der Biodosimetrie-Labore wird von der Erarbeitung entsprechender Standards, dem Abgleich der Verfahren und Protokolle sowie der Weiterentwicklung und Evaluierung der Methoden zur Bewältigung großer Probendurchsätze begleitet. Derzeit wird in den Laboratorien intensiv nach neuen biologischen Indikatoren gesucht. Es werden Verfahren entwickelt und getestet, die in Zukunft einen schnellen und leistungsfähigen Durchsatz von großen Probenmengen ermöglichen sollen.

Neben der Entwicklung neuer biodosimetrischer Verfahren werden auch die bereits bestehenden zytogenetischen Verfahren weiterentwickelt. Die Kultivierung und Präparation der Zellen kann weitgehend automatisiert werden. Viele technische Neuerungen wie z. B. die Motorisierung der Mikroskope, die automatisierte Bildfassung und Digitalisierung und die dazugehörigen Computerprogramme gestalten die Auswertung effizienter und schneller.

Die Absuche eines Präparates kann zwar mit Hilfe eines speziellen Computerprogramms (Metaphasenfinder) innerhalb von Minuten erfolgen und automatisch die Koordinaten der auswertbaren Zellen erfassen. Die Analyse und Bewertung der dizentrischen Chromosomen erfolgt jedoch noch immer manuell durch einen erfahrenen Zytogenetiker.

Auf nationaler Ebene kann ein Referenzlabor für biologische Dosimetrie bei Unterstützung durch die klinisch bzw. forschend ausgerichteten zytogenetischen Labore an Krankenhäusern und Forschungseinrichtungen ein Netzwerk aufbauen, bei dem die Auswertung der Metaphasen dezentral erfolgt. Wichtig ist hier ein entsprechendes Training aller beteiligten Institutionen hinsichtlich der Auswertekriterien, um einheitliche Ergebnisse zu erzielen. Durch Ringversuche muss in Zukunft die Qualitätssicherung dokumentiert werden. Für Deutschland ist das BfS derzeit in der Phase, klinisch bzw. forschend ausgerichtete zytogenetische Labore an Krankenhäusern und Forschungseinrichtungen zu identifizieren, die an einem derartigen Netzwerk in Deutschland mitarbeiten könnten. Durch diese Anpassung der Chromosomenanalyse von einem gutachterlichen Verfahren im Einzelfall hin zu einem Screeningverfahren zur Dosisabschätzung bei Strahlenunfällen stellt sich das BfS den Herausforderungen der Zukunft. Dazu gehört auch die dosimetrische Absicherung von Einsatzkräften des BfS im Rahmen ihrer Tätigkeiten bei der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr.

## HÄUFIGKEITEN UND DOSIS RÖNTGENDIAGNOSTISCHER MASSNAHMEN IN ZEHN EUROPÄISCHEN LÄNDERN

Frequencies and Doses from Medical X-rays in Ten European Countries

Ansprechpartnerin:

Elke Nekolla (030 18333-2327)

*An EU-funded project called DOSE DATAMED (2004-2007) was set up to better understand the differences and sources of uncertainty in the recent methodologies used for European surveys of population exposure from medical X-rays. Recent national surveys in ten European countries have been reviewed. The considerable differences seen in the annual collective effective doses, i. e. in examination frequencies and/or in patient doses, are thought to be real, i. e. much larger than the recognized uncertainties originating from survey design. The differences were found to be primarily due to the different healthcare systems operating in each country, which resulted in considerable variations in the amount of equipment and manpower devoted to medical radiology and in the financial incentives for carrying it out. The data available in Germany both for the examination frequency and the collective effective annual dose are amongst the highest ones in Europe.*

Durch die europäische Patientenschutzrichtlinie ist die Bundesregierung verpflichtet, Daten zur medizinischen Strahlenexposition der Bevölkerung zu erheben und zu bewerten. In der Strahlenschutz- und Röntgenverordnung wird dem Bundesamt für Strahlenschutz diese Aufgabe übertragen.

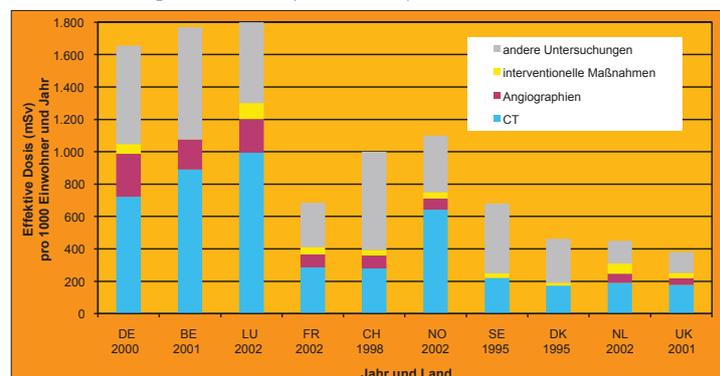
Bei der Bewertung der Daten zu Häufigkeit und Dosis strahlendiagnostischer Maßnahmen ist ein Vergleich mit den entsprechenden Werten anderer Länder unerlässlich. Deutschland haftet hierbei der Ruf an, "Weltmeister im Röntgen" zu sein. Diese Einschätzung beruht im Wesentlichen auf einem Vergleich von Daten zu Häufigkeit und Dosis, die in einem Bericht der Vereinten Nationen (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR: Report 2000) für verschiedene Länder angegeben wurden. Die im UNSCEAR Report 2000 genannten Zahlen sind jedoch teilweise inkonsistent und somit als nicht verlässlich anzusehen. Ganz allgemein wird ein internationaler Vergleich dadurch erschwert, dass aufgrund der unterschiedlichen Gesundheitssysteme die Auswertungsschemata in den verschiedenen Ländern sehr unterschiedlich und zum Teil auch nicht hinreichend transparent sind. Es ist somit nicht immer zu erkennen, ob die Unterschiede tatsächlich existieren.

Um diesbezüglich die Datenlage – zumindest auf europäischer Ebene – zu verbessern, wurde im Jahre 2004 die europäische Arbeitsgruppe DOSE DATAMED gegründet. Ziel dieser Arbeitsgruppe war es, die Methoden zur Datenerfassung und -auswertung der teilnehmenden Länder (Großbritannien, Schweiz, Niederlande, Deutschland, Frankreich, Norwegen, Schweden, Luxemburg, Belgien,

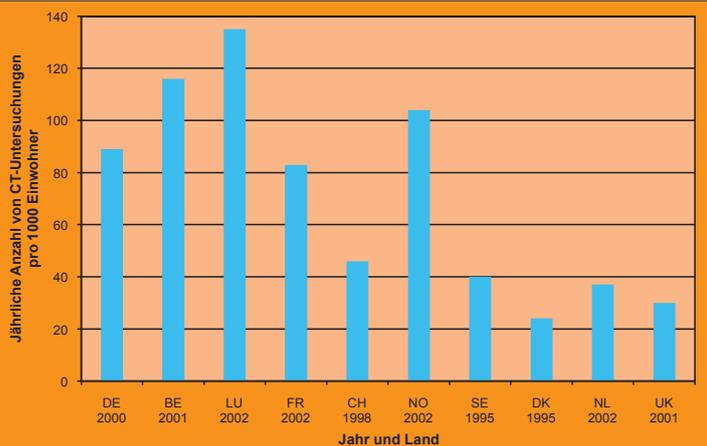
Dänemark) sowie die Ergebnisse bezüglich Häufigkeit und Dosis von strahlendiagnostischen Maßnahmen zu erfassen, gegenüberzustellen, mögliche Diskrepanzen aufzudecken und eine einheitliche Methode für die Bewertung im internationalen Vergleich zu entwickeln. Deutschland wurde durch das BfS vertreten.

### Wesentliche Ergebnisse der DOSE-DATAMED-Arbeitsgruppe

- Computertomographien (CT), Angiographien (Darstellung von Blutgefäßen nach Kontrastmittelgabe mittels Röntgen) und die häufig mit Angiographien einhergehenden interventionellen Maßnahme (beispielsweise die Erweiterung von verengten Blutgefäßen) leisten den größten Beitrag zur kollektiven effektiven Dosis aller Röntgenuntersuchungen:
  - Den größten Anteil trägt die relativ dosisintensive CT bei: 30 bis 40 % für die Schweiz, Schweden und Dänemark bis hin zu über 50 % für Luxemburg und Norwegen (siehe Abb. unten). Die Länder unterscheiden sich stark bezüglich der Häufigkeit von CT-Untersuchungen (siehe Abb. S. 34 oben). Dies trägt erheblich zu den Unterschieden bei der gesamten kollektiven effektiven Dosis bei. Die Häufigkeit von CT-Untersuchungen nahm für alle Länder in den vergangenen Jahren zu.
  - Auch Angiographien und interventionelle Maßnahmen sind mit relativ hohen Strahlenbelastungen für Patientinnen und Patienten verbunden. Für Interventionen ist in den meisten europäischen Ländern eine Zunahme über die letzten Jahre zu verzeichnen. Zusammen tragen Angiographien und interventionelle Maßnahmen zwischen 10 % (Norwegen) und 26 % (Niederlande) zur kollektiven effektiven Dosis bei.
- Demgegenüber tragen nuklearmedizinische Untersuchungen in allen zehn an DOSE DATAMED beteiligten Ländern nur wenig zur gesamten medizinischen Strahlenexposition bei (4 bis 14 %).

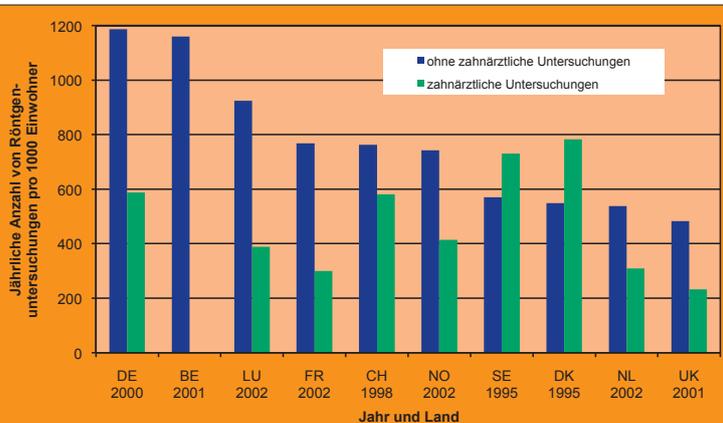


**Mittlere effektive Dosis (mSv) pro Einwohner in den zehn an DOSE DATAMED beteiligten europäischen Ländern (DE: Deutschland; BE: Belgien; LU: Luxemburg; FR: Frankreich; CH: Schweiz; NO: Norwegen; SE: Schweden; DK: Dänemark; NL: Niederlande; UK: Vereinigtes Königreich). Computertomographie, Angiographie und interventionelle Maßnahmen sind besonders hervorgehoben, da diese den größten Beitrag zur kollektiven effektiven Dosis leisten. Für Belgien sind keine Daten zu Interventionen, für Schweden und Dänemark keine Daten zu Angiographien verfügbar.**



**Häufigkeit von CT-Untersuchungen in den zehn an DOSE DATAMED beteiligten europäischen Ländern. Hier ist die Angabe des Kalenderjahres besonders relevant, da in allen Ländern eine Zunahme der Häufigkeit von Computertomographien zu verzeichnen ist.**

- Zahnmedizinische Untersuchungen leisten zwar in allen zehn Ländern einen großen Beitrag von etwa einem Drittel bis zur Hälfte zur Häufigkeit aller Röntgenuntersuchungen, allerdings ist die effektive Dosis, die mit einer solchen Untersuchung einhergeht, so niedrig, dass zahnmedizinische Untersuchungen nur minimal zur kollektiven effektiven Dosis beitragen.
- Für alle Röntgenuntersuchungen zusammengenommen unterscheiden sich die DOSE-DATAMED-Länder bezüglich der Häufigkeit um etwa den Faktor 2 (s. Abb. unten) und bezüglich der kollektiven effektiven Dosis um etwa den Faktor 4 (Abb. S. 33) mit den höchsten Schätzwerten für Belgien, Deutschland und Luxemburg und den niedrigsten Schätzwerten für Dänemark, die Niederlande und das Vereinigte Königreich.
- Die zum Teil beträchtlichen Unterschiede bei der Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen und der zugehörigen kollektiven effektiven Dosis, die in den zehn betrachteten europäischen Ländern beobachtet wurden, wurden von der DOSE-DATAMED-Gruppe als real eingeschätzt. Bei der vergleichenden Analyse der



**Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen in den zehn an DOSE DATAMED beteiligten europäischen Ländern. Die Jahreszahlen an den Länderbezeichnungen bezeichnen das Jahr, auf das sich die jeweilige Erhebung bezieht.**

Methoden zur Datenerfassung und Auswertung wurden keine gravierenden Faktoren offenbar, die eine Relativierung der Ergebnisse gerechtfertigt hätten. Die Unterschiede sind sehr viel größer als die statistischen Unsicherheiten, die unvermeidbar mit der Datenerhebung und der Datenanalyse einhergehen.

- Die Unterschiede können zum großen Teil auf die unterschiedlichen Gesundheitssysteme der verschiedenen Länder zurückgeführt werden, denn diese haben zur Folge, dass sich auch der Bestand an Röntgengeräten (insbesondere CT-Geräten) und der Anteil an medizinischem/medizin-technischem Personal von Land zu Land erheblich voneinander unterscheidet. Nicht zuletzt scheint auch der finanzielle Anreiz, Röntgenuntersuchungen durchzuführen – ein Faktor, der ebenfalls stark vom jeweiligen Gesundheitssystem abhängig ist – eine erhebliche Rolle zu spielen.

Die Abschlussberichte zum DOSE DATAMED Project und die daraus hervorgegangenen Empfehlungen sind unter [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection/doc/publication/154.zip](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/154.zip) zu finden.

## VERBRAUCHERSCHUTZINFORMATIONEN für Patientinnen und Patienten

### Methoden zur Dosisreduktion bei Röntgenuntersuchungen

Jeder Einsatz von Röntgenstrahlung oder von radioaktiven Substanzen in der medizinischen Diagnostik ist mit einem gesundheitlichen Risiko verbunden. Deshalb kommt in jedem Einzelfall der Rechtfertigung durch den Arzt eine zentrale Bedeutung zu. Diese Rechtfertigung beinhaltet eine Nutzen-Risiko-Abwägung aus medizinischer Sicht (sog. rechtfertigende Indikation). Für die rechtfertigende Indikation ist der Arzt verpflichtet, auch Verfahren mit geringerer oder keiner Strahlenexposition zu berücksichtigen (z. B. eine Magnetresonanztomographie oder eine Ultraschalluntersuchung). Fragen Sie bei Ihrem Arzt nach, warum die Röntgenuntersuchung notwendig ist. Sprechen Sie Ihren Arzt gezielt auf alternative Diagnoseverfahren an.

Ärztliche Praxen oder Institutionen, in denen Röntgenuntersuchungen durchgeführt werden, sind verpflichtet, Röntgenpässe bereit zu halten und den Patientinnen und Patienten anzubieten. Der Röntgenpass ist ein wichtiges Instrument, um unnötige Wiederholungsuntersuchungen zu vermeiden und Vergleichsmöglichkeiten mit vorherigen Aufnahmen zu schaffen. Falls Sie noch keinen Röntgenpass besitzen, können Sie diesen beim Bundesamt für Strahlenschutz über [info@bfs.de](mailto:info@bfs.de) bestellen. Es empfiehlt sich, auch nuklearmedizinische Untersuchungen in den Röntgenpass eintragen zu lassen.

## DIE DEUTSCHE URANBERGARBEITERSTUDIE – ERGEBNISSE ZUM RADONBEDINGTEN RISIKO FÜR BÖSARTIGE TUMOREN AUSSERHALB DER LUNGE

The German Uranium Miners Cohort Study – Results on the Risk for Extrapulmonary Cancers due to Radon

Ansprechpartnerin:

Michaela Kreuzer (030 18333-2250)

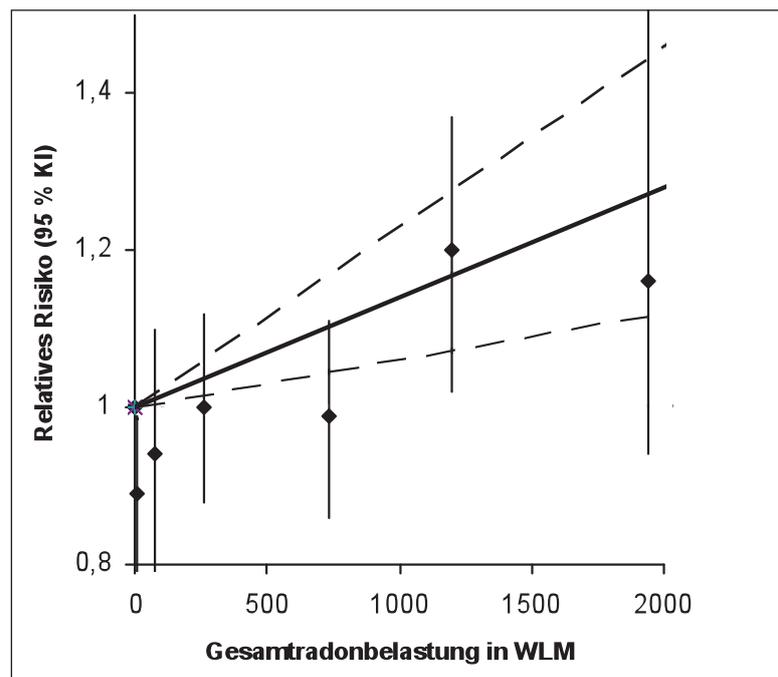
*The German cohort includes 58,987 men who had been employed for at least 6 months between 1946 and 1989 at the former Wismut uranium mining company in Eastern Germany. A total of 20,684 deaths were observed in the follow-up period from 1960 to 2003. For all extrapulmonary cancers combined (n=3,340) a statistically significant relation with cumulative radon exposure was observed. The majority of individual sites investigated, revealed a positive exposure-response relationship, however, these relations were insignificant, or became insignificant after adjustment for potential confounders such as arsenic or dust exposure. The present data provide some evidence of an increased risk of extrapulmonary cancers due to radon, but chance and confounding cannot be ruled out.*

Seit einigen Jahren führt das Bundesamt für Strahlenschutz eine große Studie an ehemaligen Beschäftigten des Uranerzbergbaus der Wismut (sog. Wismut-Kohorte) durch. Ziel ist es, das Gesundheitsrisiko im Hinblick auf Strahlung und andere berufliche Risikofaktoren langfristig zu untersuchen. Die Studie umfasst 58.987 Personen, die zwischen 1946 und 1989 bei der Wismut beschäftigt waren. Bis Ende 2003 wurden 20.684 Todesfälle registriert. Schwerpunkt der bisherigen statistischen Auswertungen lag auf der Abschätzung des Lungenkrebsrisikos durch Radon und seine Folgeprodukte. Eine weitere wichtige Fragestellung lautet, ob Radon auch andere Krebserkrankungen (im Folgenden „Nicht-Lungentumoren“ genannt) verursachen kann.

Radon ist ein radioaktives Edelgas, das eingeatmet wird. Die Hauptstrahlendosis erhält die Lunge bzw. in geringerem Umfang der Hals-Nasen-Rachenraum, während nur ein sehr kleiner Teil des Radons in das Blut und damit in andere Organe gelangt. Von daher ist – wenn überhaupt – mit einer relativ geringen Risikoerhöhung für Tumore außerhalb des Atemtraktes zu rechnen. Um ein kleines vorhandenes Risiko statistisch nachweisen zu können, benötigt man große Beobachtungsstudien an hoch radonbelasteten Personen. Alle bisher veröffentlichten Einzelstudien zu Bergarbeitern waren vom Studienumfang her zu klein, um stabile Aussagen zum Risiko für Nicht-Lungentumoren durch Radon machen zu können. Die 1995 publizierte gemeinsame Auswertung von 11 Bergarbeiterstudien mit insgesamt 62.000 Bergarbeitern stellt die bislang größte Datenbasis zu diesem Thema dar. In dieser Auswertung wurde kein Hinweis auf ein erhöhtes Risiko für Nicht-Lungentumoren durch Radon gefunden.

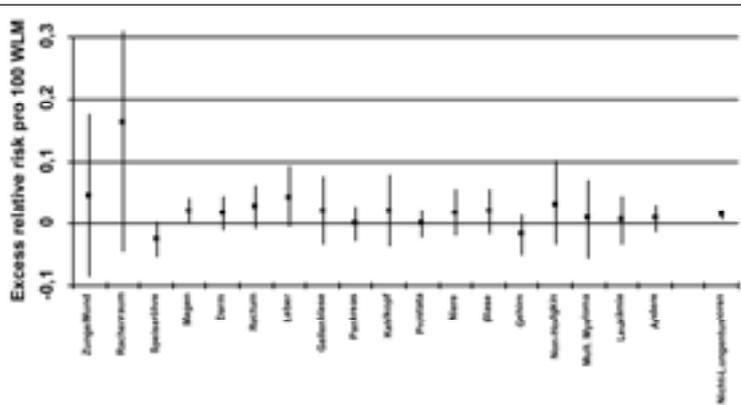
Die 11 Bergarbeiterstudien aus Europa, Australien, Asien und Nordamerika unterschieden sich aber z. B. hinsichtlich anderer zusätzlicher beruflicher Belastungen, Lebensstil, genetischem Hintergrund, Qualität der Expositionsabschätzung etc.. Dies reduziert die Aussagekraft dieser Auswertung.

Die Wismut-Studie weist mit 3.340 Todesfällen an Nicht-Lungentumoren eine deutlich höhere Anzahl auf, als in den 11 Bergarbeiterstudien zusammen beobachtet wurden (1.253 Fälle). Zunächst wurde geprüft, ob sich die Sterblichkeit für einzelne Tumore in der Wismut-Bergarbeiterkohorte von der – bei vergleichbarem Alter und Kalenderjahr – männlichen Allgemeinbevölkerung in Ostdeutschland unterscheidet. Die Gesamtsterblichkeit war vergleichbar hoch wie in der Allgemeinbevölkerung. Von insgesamt 24 untersuchten einzelnen Tumorlokalisationen zeigte sich für Leber- bzw. Magentumoren eine 1,3- bzw. 1,2-fach statistisch signifikant höhere Sterblichkeit in der Wismut-Kohorte im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung. Dies kann verschiedene Ursachen haben, z. B. einen erhöhten Alkoholkonsum, eine erhöhte Strahlen- oder Staubbelastung bei Bergarbeitern im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung etc..



Relatives Risiko für Nicht-Lungentumoren insgesamt in Abhängigkeit von der Strahlenexposition aus radioaktiver Belastung durch Radon (in WLM)

Um zu klären, ob Radon eine mögliche Ursache ist, wurde in einem nächsten Schritt geprüft, ob ein Expositions-Wirkungs-Zusammenhang zwischen der Sterblichkeit an Nicht-Lungentumoren und der Gesamtbelastung durch Radon vorliegt. Hierfür wurde die Gesamtradonbelastung in Working Level Months (WLM) in mehrere Expositions-kategorien geteilt und das zugehörige relative Risiko im Vergleich zur Referenzkategorie 0 WLM berechnet. Auf Basis dieser kategoriellen Analysen zeigen sich erst oberhalb einer Exposition von etwa 1.000



**Zusätzliches Relatives Risiko (ERR) pro 100 Working Level Months (WLM) Gesamtexposition Radon und 95%-Konfidenzbereich für alle Nicht-Lungentumoren insgesamt und 19 einzelne Tumorlokalisationen**

WLM erhöhte relative Risiken (Abb. S. 35). Bergarbeiter mit einer Gesamtexposition zwischen 1.000 und 1.499 WLM haben beispielsweise ein 1,2-fach statistisch signifikant höheres Risiko, an einem Nicht-Lungentumor zu

#### Maßeinheit für die radioaktive Belastung durch Radon

Die Belastung durch Radon und seine Folgeprodukte wird in Working Level Months (WLM) gemessen. Der Working Level (WL) ist ein Maß für die potenzielle Alpha-Energie in der Luft. Wirkt die Alpha-Energiekonzentration von 1 WL in der Atemluft einen Arbeitsmonat (170 Stunden) lang auf einen Menschen ein, so wird diese Dosis 1 Working Level Month genannt.

#### Risiko

Das relative Risiko (RR) gibt an, um welchen Faktor sich das Risiko für eine bestimmte belastete Gruppe im Vergleich zur Referenzgruppe erhöht oder erniedrigt. Das 95%-Konfidenzintervall (95 % KI) gibt den Vertrauensbereich an, in dem dieser Risikoschätzer mit 95 % Sicherheit liegt.

Das zusätzliche relative Risiko (Excess Relative Risk, ERR) pro Einheit gibt bei einem linearen Expositions-Wirkungs-Zusammenhang die Steigung der Geraden an.

versterben als Bergarbeiter ohne Radonexposition (0 WLM), wobei der 95%-Konfidenzbereich (95 % KI) für dieses Risiko zwischen 1,02 und 1,4 liegt. Wird ein lineares Modell an die Daten angepasst, beträgt der proportionale Anstieg im Risiko für Nicht-Lungentumoren pro 100 WLM 0,0014 (95 % KI: 0,006 - 0,023). Den Risikoanstieg bzw. die Steigung der Geraden bezeichnet man als das zusätzliche Relative Risiko oder Excess Relative Risk (ERR) pro WLM.

Es wurde daraufhin getrennt für jede einzelne Tumorlokalisation mit mindestens 35 aufgetretenen Todesfällen geprüft, ob ein Expositions-Wirkungs-Zusammenhang vorliegt, indem ebenfalls ein lineares Modell angepasst wurde und das ERR/WLM berechnet wurde. Die Abbildung oben links zeigt, dass für fast alle betrachteten Tumorlokalisationen eine positive Expositions-Wirkungs-Beziehung ( $ERR/WLM > 0$ ) beobachtet wurde. Diese war aber nur für das Magenkarzinom statistisch signifikant (d. h. unteres Konfidenzintervall  $> 0$ ). Die höchsten Risikoschätzer wurden für Tumore der Mundhöhle, des Rachenraums und der Leber gefunden. Dieses Ergebnis passt gut zu den Abschätzungen der jeweiligen Organ-dosen. Wurden zusätzlich in der Analyse andere Risikofaktoren wie Staub-, Arsenbelastung etc. berücksichtigt, war keiner der Expositions-Wirkungs-Zusammenhänge mehr statistisch signifikant. D. h. ein Teil des beobachteten Risikoanstiegs konnte durch andere Faktoren als Radon erklärt werden.

Die Ergebnisse der Wismut-Studie deuten auf ein erhöhtes Risiko für Nicht-Lungentumoren durch Radon hin. Die Risikoerhöhung ist im Vergleich zu Lungenkrebs relativ klein und es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sie durch Zufall oder unberücksichtigte andere Störgrößen erklärt werden kann. Die Ergebnisse wurden im November 2008 im British Journal of Cancer publiziert.

Statistisch signifikant nachweisbar ist die Risikoerhöhung für alle Nicht-Lungentumoren zusammen nur bei sehr hohen Gesamtradonbelastungen, wie sie heute im Bergbau durch Maßnahmen der Bewetterung und des Strahlenschutzes nicht mehr auftreten und selbst in den frühen Jahren des Bergbaus nur selten aufgetreten sind. Belastbarere Ergebnisse zu einzelnen Tumorlokalisationen können erst gegeben werden, wenn der Beobachtungszeitraum um weitere fünf Jahre verlängert wird. Diese Ergebnisse werden 2011 vorliegen.

# SCHUTZ VOR RADIOAKTIVITÄT IN DER UMWELT

Protection from Environmental Radioactivity

## NEUES MODELL ZUR BERECHNUNG DER AUSBREITUNG VON RADIONUKLIDEN IN DER ATMOSPHÄRE

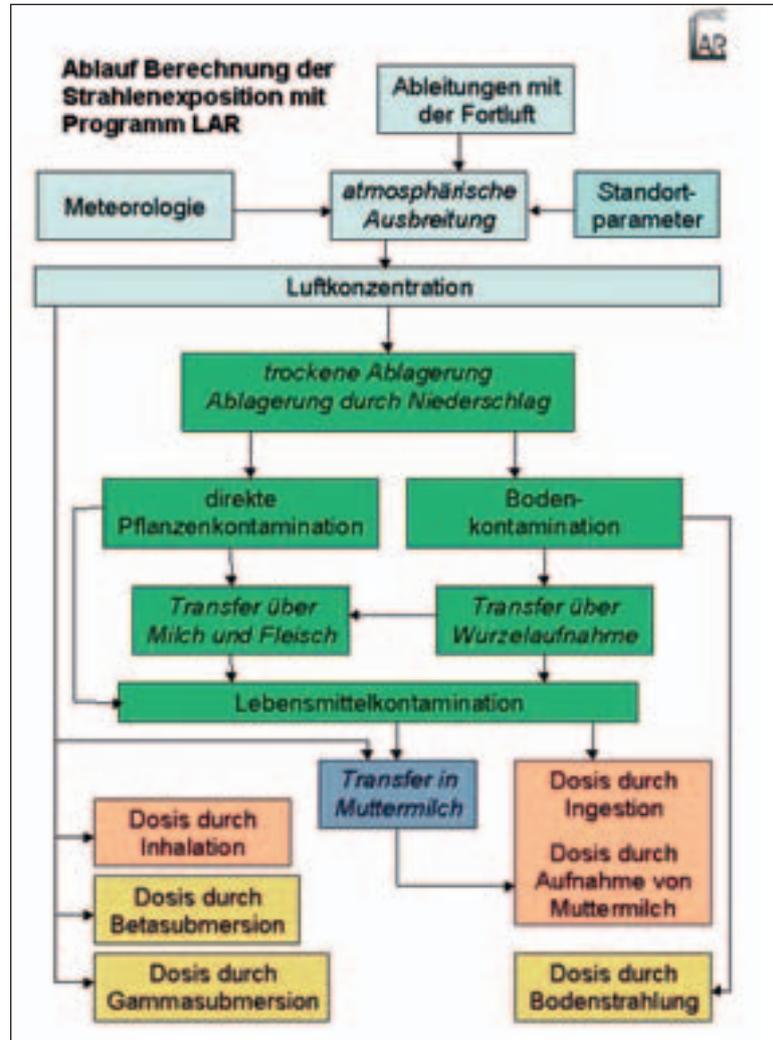
A New Model for the Dispersion of Radionuclides in the Atmosphere

Ansprechpartner:

Hans Wildermuth (030 18333-2522)  
Michaela Kainz (030 18333-2523)

The Atmospheric Dispersion Model for Airborne Radioactive Material (ARTM) based on the dispersion model AUSTAL2000 of the Technical Instructions for Air Quality Management (TA Luft) will replace in future the classic Gaussian Plume Model. The ARTM code system for the calculation of the dispersion and deposition of released airborne radioactive materials represents the state of the art in science and technology. A standardised procedure for conventional (AUSTAL2000) and radiological (ARTM) applications will provide a high level of legal certainty for the user. Compared with the classic Gaussian Plume Model applied so far, the simulation of atmospheric dispersion and deposition with an advanced Lagrange Particle Dispersion Model (in combination with a flow model and turbulence parameterisation) for licensing-related applications ensures more flexible and realistic modeling.

Die mit der Fortluft und dem Abwasser aus Kernkraftwerken abgeleiteten radioaktiven Stoffe tragen zur Strahlenbelastung der Bevölkerung bei. Daher müssen diese radioaktiven Stoffe durch die Betreiber nach Art und Aktivität ermittelt und bilanziert werden. Aus den bilanzierten Ableitungen kann dann die Strahlenbelastung in der Umgebung einer kerntechnischen Anlage für die in der Strahlenschutzverordnung definierte so genannte „Referenzperson“ berechnet werden. Diese fiktive Person verhält sich hinsichtlich ihrer Aufenthalts- und Verzehrsgewohnheiten äußerst „konservativ“, d. h. alle Annahmen sind so ausgewählt, dass daraus eine höchstmögliche Strahlenbelastung resultiert. Zur Berechnung der Strahlenbelastung dieser Referenzperson werden zum einen die Emissionsdaten der betrachteten kerntechnischen Anlage herangezogen, zum anderen kommen so genannte „Ausbreitungsmodelle“ zum Einsatz. Letztere modellieren die Transportprozesse von Radionukliden von der Kaminmündung einer kerntechnischen Anlage in die verschiedenen Bereiche der Umwelt. An diese Berechnung der Konzentrationen von radioaktiven Stoffen in den verschiedenen Umweltmedien schließt sich ein Dosismodul an, mit dem die Strahlenbelastung der Bevölkerung ermittelt werden kann. Beispielhaft ist dieser Ablauf für das zurzeit im BfS eingesetzte Programmpaket LAR in der Abbildung oben dargestellt.



Ablauf der Dosisberechnung im Programmpaket LAR

Von großem Vorteil ist ein derartiges Berechnungsverfahren, weil die Strahlenbelastung aus kerntechnischen Anlagen messtechnisch auch mit großem Aufwand nicht ermittelt werden kann. Dazu sind sowohl die resultierenden Strahlendosen vor dem Hintergrund der natürlichen Strahlenbelastung als auch die emissionsbedingten Radionuklidkonzentrationen in Lebensmitteln zu gering.

In Deutschland wurde im Rahmen der Genehmigungsverfahren in den 1970er bzw. 1980er Jahren aller zurzeit in Betrieb befindlichen kerntechnischen Anlagen als Ausbreitungsmodell das so genannte „Gauss-Modell“ angewendet. Dieses Modell liefert bei hinreichend gleichmäßigen Aktivitätsableitungen im Laufe eines Jahres ausreichend genaue Ergebnisse. Allerdings hat sich gezeigt, dass das Gauss-Modell aufgrund seiner vergleichsweise einfachen Modellierung von atmosphärischer Ausbreitung und Orografie (Geländeform) sowie der nicht ausreichenden Berücksichtigung wechselnder meteorologischer Verhältnisse bzw. ungleichmäßiger

Ableitungen gegenüber später entwickelten Ausbreitungsmodellen Nachteile bei der realitätsnahen Abbildung der Transportprozesse von Radionukliden in der Atmosphäre aufweist.

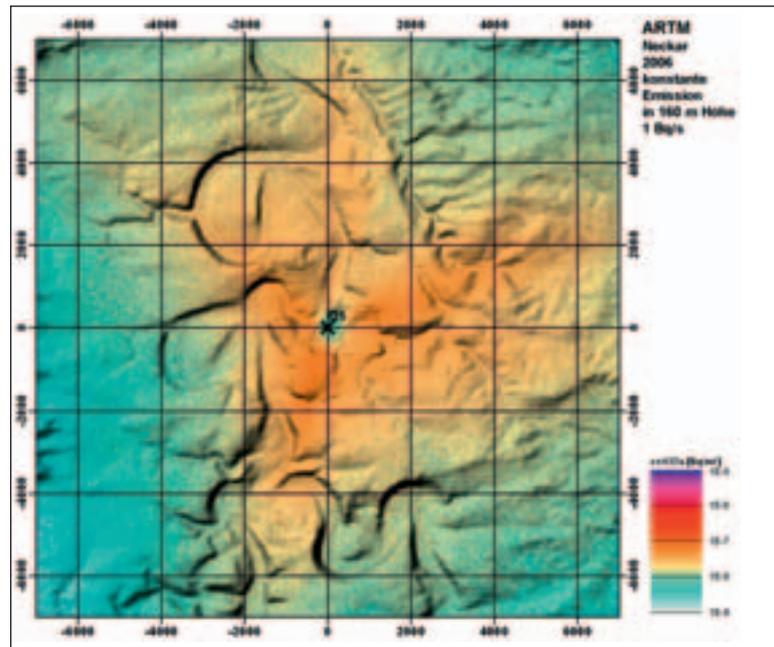
Um auch die oben angeführten Aspekte zu berücksichtigen und so insgesamt eine realitätsnähere Berechnung der Strahlenbelastung der Bevölkerung sicherzustellen, soll künftig statt des Gauss-Modells ein Lagrange-Partikelmodell zur Anwendung kommen. Dieses Ausbreitungsmodell hat sich bereits bei konventionellen Berechnungen auf Basis der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft 2000 (TA Luft) gegenüber dem Gauss-Modell durchgesetzt. Einsatzgebiete sind im Wesentlichen Umweltverträglichkeitsprüfungen, Genehmigungsverfahren, Risikoabschätzungen und lufthygienische Regionalstudien. Um das im konventionellen Bereich zur Ausbreitungsberechnung standardmäßig verwendete Rechenprogramm auch bei der Ausbreitungsrechnung für radioaktive Stoffe einsetzen zu können, wurden im Rahmen eines Untersuchungsvorhabens mehrere zusätzliche, radiologisch relevante Einflussgrößen wie der radioaktive Zerfall, Ablagerungen durch Regen (nasse Deposition) und Wolkenstrahlung (Gammamersion) integriert.

In Verbindung mit dem aus dem Untersuchungsvorhaben hervorgegangenen Programm ARTM können künftig nun auch komplexere Problemstellungen bei der Berechnung der Strahlenbelastung realitätsnah bearbeitet werden. Damit ist es beispielsweise möglich, mehrere Quellen, ungleichmäßige Ableitungen, wechselnde atmosphärische Bedingungen, bodennahe Emissionen oder Geländeeinflüsse im Rahmen der Ausbreitungsrechnung zu berücksichtigen. Ferner wird durch die Vorschaltung eines einfachen Windfeldmodells der Einfluss von Orografie und größeren Gebäuden auf das Strömungsfeld berücksichtigt.

Die Berechnung der Strahlenbelastung soll anhand eines separaten Dosismoduls erfolgen, in das die mit dem Ausbreitungsprogramm ARTM berechneten Konzentrationen der jeweiligen Radionuklide eingehen. Diese modulare Struktur von Ausbreitungs- und Dosismodul bringt mehrere Vorteile. So ist es beispielsweise möglich, im Zuge der Novellierung von Berechnungsgrundlagen die entsprechenden Softwarepakete separat zu überarbeiten oder auch alternative Dosismodule zu integrieren.

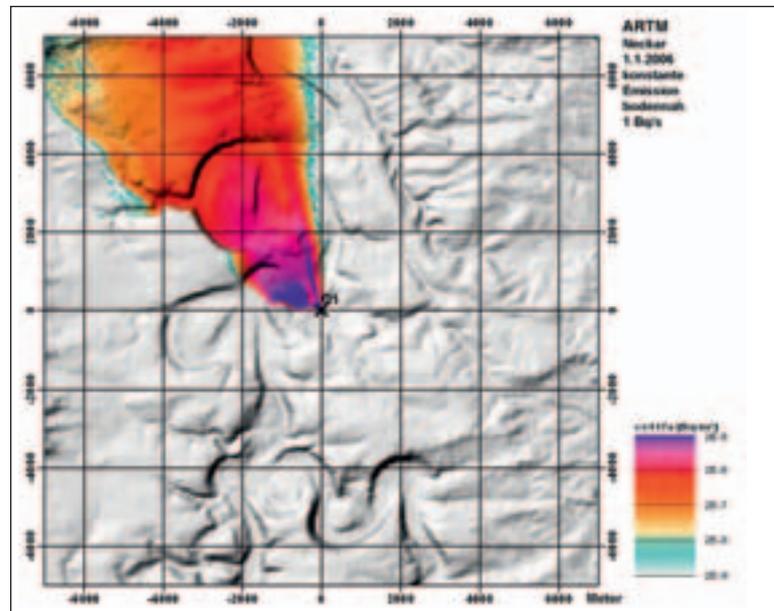
Die Abbildung oben zeigt das Ergebnis einer typischen Jahresrechnung mit kontinuierlicher Ableitung aus einem Kamin für einen Standort mit ausgeprägter Orografie. Wegen der im Laufe eines Jahres variierenden Ausbreitungssituationen (z. B. Windrichtung) verschmiert die mittlere Konzentration über das Modellgebiet.

Im Gegensatz dazu zeigt die Abbildung unten eine komplexere Situation am selben Standort mit bodennaher Emission, die nur einen Tag anhält. In diesem Fall kom-



**Berechnete Aktivitätskonzentration in Luft mit ARTM, Beispiel Jahresrechnung**

men die Stärken von ARTM im Gegensatz zum Gauss-Modell, mit dem eine derartige Rechnung nur vereinfacht möglich wäre, voll zum Tragen. Besonders der Einfluss der Orografie ist bei bodennahen Emissionen deutlich zu erkennen. Eine Gauss-Ausbreitungsrechnung würde eine homogene, keulenförmige Verteilung (Plume) liefern.



**Berechnete Aktivitätskonzentration in Luft mit ARTM, Beispiel Tagesrechnung**

Derzeit erfolgt im Rahmen eines zusätzlichen Untersuchungsvorhabens eine Weiterentwicklung von ARTM. Schwerpunkte sind dabei die Ankoppelung eines Dosismoduls, die Erhöhung der zeitlichen Auflösung der Berechnungsschritte sowie der Einfluss von Turbulenz durch den Betrieb von Kühltürmen. Die Ergebnisse dieses Untersuchungsvorhabens werden es zukünftig

ermöglichen, auch für den Nahbereich von kerntechnischen Anlagen die bisher sehr konservative Berechnung der Strahlenbelastung realitätsnaher durchzuführen.

Weitere Informationen zu ARTM können auf der BfS-Homepage unter dem Link [http://www.bfs.de/en/ion/anthropg/artm\\_software.html](http://www.bfs.de/en/ion/anthropg/artm_software.html) eingesehen werden. Dort besteht auch die Möglichkeit, ARTM zur eigenen Nutzung herunterzuladen.

## ABLEITUNGEN VON RADIOAKTIVEN STOFFEN AUS KERNKRAFTWERKEN IM NORMALBETRIEB

Emissions of Radioactive Discharges from Nuclear Power Plants During Normal Operation

Ansprechpartner:

Christopher Strobl (030 18333-2510)

*The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) is the main body licensing and supervising nuclear facilities with the support from the Federal Office for Radiation Protection (BfS) in Germany. However, the licensing and supervising of nuclear facilities, is actually in responsibility of the individual Federal States (Bundesländer) in which the nuclear facilities are located. The supervisory authorities are in charge of site inspections and the operation and evaluation of any discharges and the environmental monitoring. The state of scientific and technological advancement, taking into account the best available technology, is defined in technical guidelines, such as safety standards, issued by the "Kerntechnischer Ausschuss (KTA)". Furthermore, the guidelines KTA 1503 and 1504 give instructions on discharge monitoring, which specify type of sampling, sample treatment, time periods of sampling, radionuclides considered, detection limits, reporting, etc. The monitored discharges have to be reported by operators to the competent authority at least once a year.*

In Deutschland werden die Ableitungen von radioaktiven Stoffen aus kerntechnischen Anlagen über die Pfade „Kaminfortluft“ und „Abwasser“ von den Betreibern im Rahmen der Eigenüberwachung und entsprechend den gesetzlichen Regelwerken nach Art und Aktivität spezifiziert und bilanziert. Darüber hinaus hat der Genehmigungsinhaber auch Messungen in der Umgebung seiner kerntechnischen Anlage (Immissionsüberwachung) durchzuführen.

Die Ergebnisse der Emissionsmessungen (Messungen von Ableitungen radioaktiver Stoffe) und Immissionsmessungen (Messungen des Eintrags radioaktiver Stoffe in die Umwelt) werden von den Betreibern in Quartals- und Jahresberichten zusammengestellt, von der zuständigen Aufsichtsbehörde (z. B. Landes-Umweltministerien) fachlich geprüft, von den Leitstellen „Fortluft“ und „Abwasser“ des BfS auf Plausibilität geprüft und anschließend an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz

und Reaktorsicherheit (BMU) sowie an die Europäische Kommission weitergeleitet.

Zusätzlich zu den Messungen der Betreiber wird die Aktivitätskonzentration von radioaktiven Stoffen in der Kaminfortluft durch Messeinrichtungen der Kernanlagenfernüberwachung (KFÜ) der Aufsichtsbehörden der jeweiligen Bundesländer kontinuierlich überwacht und dokumentiert. Bestandteil dieser KFÜ-Systeme sind darüber hinaus kontinuierlich arbeitende Messeinrichtungen zur Immissionsmessung in der unmittelbaren Umgebung kerntechnischer Anlagen.

### Erfassung von radioaktiven Emissionen über den Pfad „Abluft“

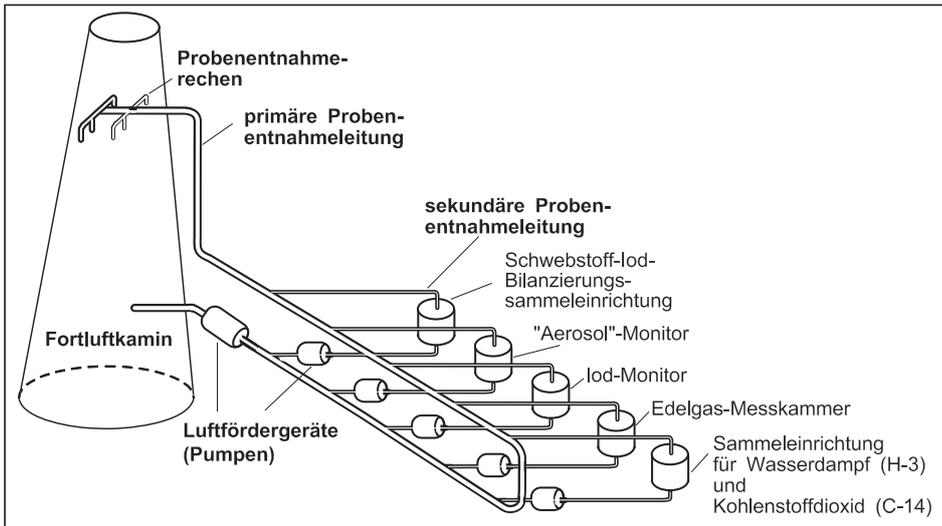
Mit Ausnahme der radioaktiven Edelgase erfolgt die Bestimmung der Aktivitätsableitungen von radioaktiven Stoffen mit der Kaminfortluft aus kerntechnischen Anlagen mit Hilfe von Sammeleinrichtungen, über die kontinuierlich ein repräsentativer Anteil der Kaminfortluft geleitet wird (s. Abb. S. 40 oben).

Nach Ende des Sammelzeitraums werden die spezifischen Aktivitäten der auf den jeweiligen Sammelmedien abgelagerten Radionuklide ermittelt. Da es sich bei dieser Art der Probeentnahme um ein integrierendes Verfahren handelt, werden dadurch auch kurzzeitige Emissionen zuverlässig erfasst. Für die eingesetzten Sammelmedien gelten hinsichtlich ihrer Abscheidegrade genaue Spezifizierungen. Beispielsweise müssen Schwebstofffilter gemäß der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung (REI) einen Abscheidegrad von mindestens 99,5 % aufweisen.

Zusätzlich werden die an Schwebstoffen gebundenen gammastrahlenden Radionuklide (z. B. Co-60) und Jodisotope durch so genannte „Monitoring-Einrichtungen“ überwacht. Diese Systeme erfassen und dokumentieren kontinuierlich die aktuelle Aktivitätskonzentration in der Fortluft und lösen bei der Überschreitung von Schwellenwerten eine entsprechende Alarmmeldung aus. Da die Messung nahezu zeitgleich mit der Aktivitätsableitung erfolgt, gewährleisten diese Überwachungseinrichtungen auch die Erfassung und Dokumentation von Aktivitätsableitungen kurzlebiger Radionuklide (z. B. I-133).

Da radioaktive Edelgase nur mit großem Aufwand auf Sammelmedien abgeschieden werden können, erfolgt bei dieser Nuklidgruppe die Überwachung und Bilanzierung von Aktivitätsableitungen mittels direkter, kontinuierlicher Messung. Hierzu wird ständig ein repräsentativer Teil der Kaminfortluft durch eine Messkammer geleitet und die Aktivitätskonzentration radioaktiver Edelgase bestimmt. Zur Bilanzierung werden die pro Kubikmeter Fortluft ermittelten Aktivitäten dann mit der von der kerntechnischen Anlage während des jeweiligen Messzyklus abgeleiteten Fortluftmenge multipliziert.

Die Qualität der Eigenüberwachung der Betreiber von kerntechnischen Anlagen wird vom BfS überwacht und umfasst alle relevanten Radionuklidgruppen. Im Rahmen dieses Messprogramms führt das BfS stichproben-



Schematische Darstellung einer Probeentnahmeeinrichtung bei kerntechnischen Anlagen in Deutschland

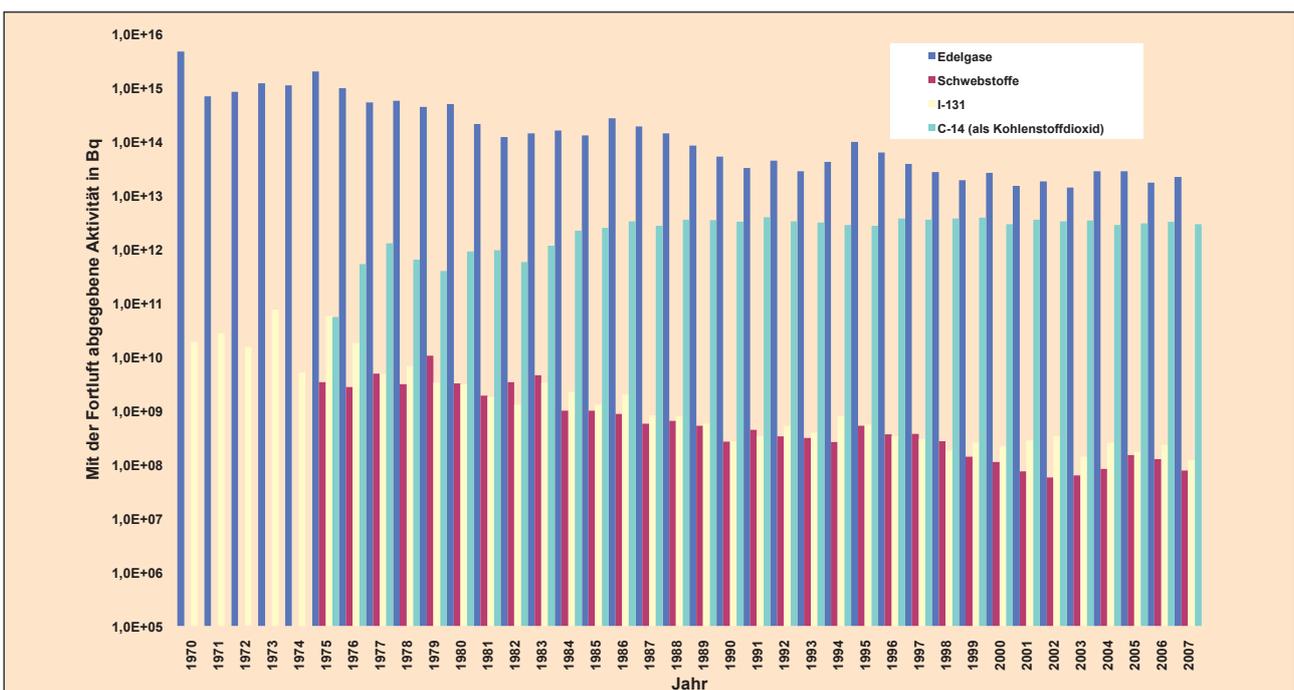
meleinrichtungen kerntechnischer Anlagen sind daher so ausgelegt, dass die über die entsprechenden Sammelmedien bzw. Messsonden geleitete Probenluft repräsentativ für die insgesamt abgeleitete Fortluft ist. Sichergestellt wird dies durch so genannte Probeentnahmerechen. Diese befinden sich im Fortluftkamin und weisen über den gesamten Querschnitt eine Vielzahl von Einlassöffnungen auf, über die kontinuierlich Kaminfortluft angesaugt wird.

artig Kontrollmessungen an den Bilanzierungsproben der Betreiber durch. Der Anteil der kontrollierten Proben ist je nach Radionuklidgruppe unterschiedlich und beträgt bei gammastrahlenden Radionukliden mindestens 10 Prozent, bei C-14 und H-3 mindestens 25 Prozent und bei Alphastrahlern und Strontiumisotopen 100 Prozent aller Bilanzierungsproben.

Ferner überprüft das BfS die betreibereigene Messung und Bilanzierung der Aktivitätsableitung radioaktiver Edelgase mit der Kaminfortluft durch regelmäßige mehrwöchige Vergleichsmessungen in allen in Betrieb befindlichen deutschen Kernkraftwerken.

Da grundsätzlich nur ein geringer Anteil der Kaminfortluft den Messeinrichtungen der Emissionsüberwachung zugeführt wird, kommt einer ordnungsgemäßen Probeentnahme wesentliche Bedeutung zu. Die Probeentnah-

Darüber hinaus müssen mögliche Verluste von Schwebstoffen und den daran gebundenen Radionukliden in den Probeentnahmeleitungen berücksichtigt und im Rahmen der Bilanzierung der Ableitungen kompensiert werden. Hierzu wurden und werden in allen deutschen Kernkraftwerken umfangreiche Untersuchungen durchgeführt. Diese ergaben, dass Abscheideverluste von Aerosolpartikeln in den Probeentnahmesystemen bis zu einem aerodynamischen Durchmesser von 3 µm vernachlässigbar sind. Bei größeren Aerosolpartikeln nehmen die Abscheideverluste jedoch rapide zu. Demzufolge gelangen Aerosolpartikel von mehr als 10 µm Durchmesser nur bedingt bis zu den Mess- und Sammeleinrichtungen. Ursache hierfür ist beispielsweise die Sedimentation größerer Partikel in waagrecht verlaufenden Probeentnahmeleitungen, aber auch eine nicht repräsentative Entnahme massereicher Partikel durch die Probeentnahmesonden im Kamin.



Summe der jährlichen Ableitung von Radionukliden über die Fortluft aus allen Kernkraftwerken in Deutschland

Wie zahlreiche Untersuchungen jedoch gezeigt haben, haftet im Normalbetrieb der Hauptteil der an Aerosolpartikel gebundenen Aktivität an kleinen Partikeln, so dass eine zuverlässige Überwachung und Bilanzierung der abgeleiteten Aktivität sichergestellt ist. Auch mögliche störfallbedingte Aktivitätsfreisetzungen werden durch die Emissionsüberwachung sicher identifiziert. Zwar können in einem solchen Fall nennenswerte Anteile der Aktivität auch über größere Partikel abgeleitet werden, jedoch gelangt zumindest derjenige Teil der Partikel, der kleine aerodynamische Durchmesser aufweist, quantitativ zu den Sammel- bzw. Messeinrichtungen. Bei einer störfallbedingten Freisetzung würde der Wert der aus den Messungen ermittelten Aktivitätsableitungen daher möglicherweise unterschätzt, eine erhöhte Aktivitätsableitung würde aber in jedem Falle sowohl durch die Bilanzierungsmessstellen als auch durch die Monitoringsysteme registriert werden.

Die Erfassung störfallbedingter Aktivitätsfreisetzungen ist im Übrigen auch durch die Überwachungseinrichtungen für alle nicht an Aerosolpartikel gebundenen Aktivitätsableitungen (z. B. radioaktive Edelgase) sichergestellt, da bei diesen weder Probeentnahme- noch Abscheideverluste auftreten.

Auch durch die in allen Kernkraftwerken vorhandene Hochdosis-Messeinrichtung werden störfallbedingt erhöhte Aktivitätsableitungen erfasst. Diese ist an der Wandung des Fortluftkamins angebracht und misst kontinuierlich, unabhängig von den Probeentnahmesystemen, die von Aerosolpartikeln, Jodisotopen und radioaktiven Edelgasen in der vorbeiströmenden Fortluft emittierte Gammastrahlung.

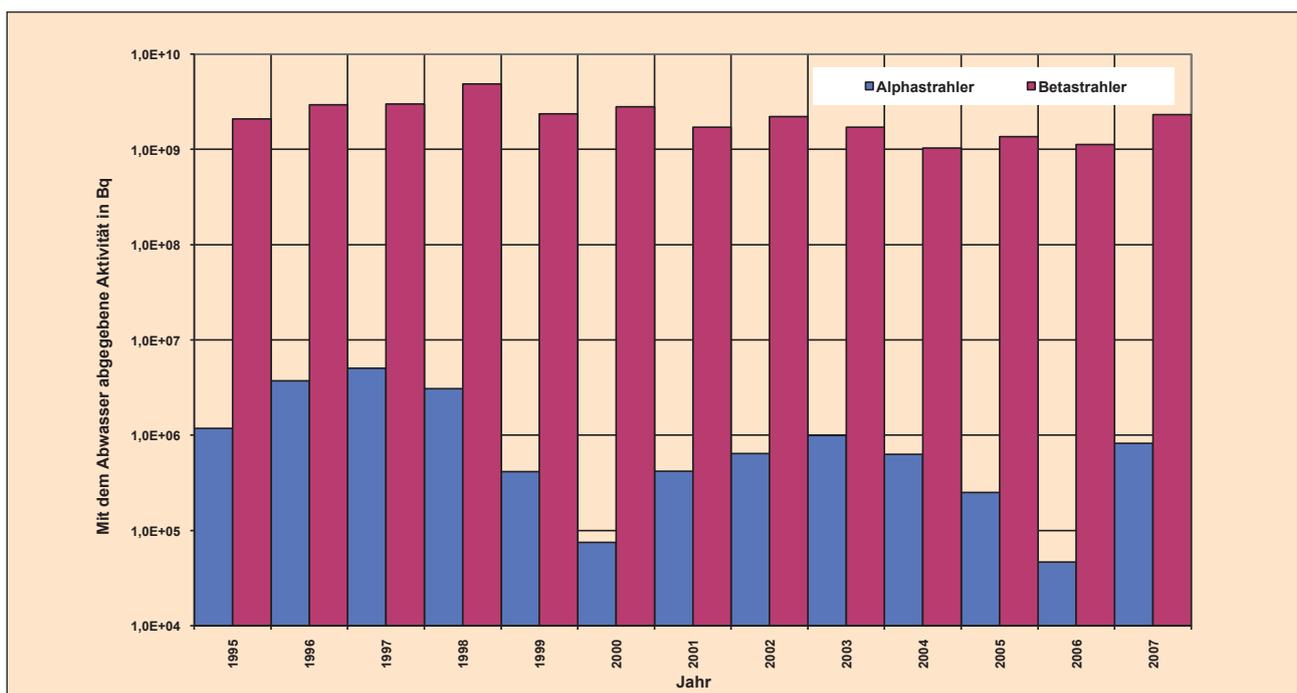
Die im Rahmen der Emissionsüberwachung „Fortluft“ ermittelten Aktivitätsableitungen aller Kernkraftwerke in

Deutschland sind in der Abbildung auf Seite 40 unten für die Jahre 1970 bis 2007 nuklidgruppenbezogen dargestellt.

Wie im BfS-Jahresbericht 2007 dokumentiert, ergibt sich aus diesen Aktivitätsableitungen auch unter überaus konservativen Annahmen eine Strahlenbelastung von weniger als 10  $\mu\text{Sv/a}$  für Kleinkinder bzw. weniger als 5  $\mu\text{Sv/a}$  für Erwachsene. Diese Werte liegen bei deutlich weniger als einem Prozent der natürlichen Strahlenbelastung der Bevölkerung.

#### Erfassung von radioaktiven Emissionen über den Pfad „Abwasser“

Im Gegensatz zur Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft dürfen radioaktive Abwässer erst dann in den Vorfluter eingeleitet und an die Umwelt abgegeben werden, wenn eine Entscheidungsmessung ergeben hat, dass ein vorgegebener Grenzwert für die Gesamtaktivität nicht überschritten wird. Dieses Verfahren ist möglich, weil das in Kernkraftwerken anfallende Abwasser gegenüber der abgeleiteten Fortluft mengenmäßig so gering ist, dass eine kontinuierliche Ableitung nicht notwendig ist. Zur Bilanzierung der mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe müssen vom Betreiber im Rahmen der Entscheidungsmessung die Aktivitätskonzentrationen gamma- und betastrahlender Radionuklide sowie die Gesamtalphaaktivität bestimmt werden. Die Qualität der vom Betreiber durchgeführten Messverfahren wird vom BfS ebenfalls durch ein Kontrollmessprogramm sichergestellt. Im Rahmen dieses Programms werden vom BfS pro Jahr und Anlage Gammastrahler an Mischproben aus zwei Monaten, Tritium, Strontiumisotope und Alphastrahler an einer Quartalsmischprobe sowie die Radionuklide Fe-55 und Ni-63 an einer Jahresmischprobe bestimmt. In der Abbildung unten sind die Aktivitäten der über den Emissionspfad „Abwasser“ abgeleiteten Radionuklide aller deutschen Kernkraftwerke von 1995 bis 2007 dargestellt.



Summe der jährlichen Ableitung von Radionukliden über das Abwasser aus allen Kernkraftwerken in Deutschland

Sie führen zu einer Strahlenbelastung von weniger als 2  $\mu\text{Sv/a}$  für Kleinkinder bzw. weniger als 1  $\mu\text{Sv/a}$  für Erwachsene und liegen damit noch unterhalb der Strahlenbelastung über den Pfad „Fortluft“.

## MODELLIERUNG DES WASSERPFADDES IM BEREICH DER FREIGABE SCHWACH RADIOAKTIVER STOFFE

Modelling of the Water Pathway Relating to the Clearance of Weakly Radioactive Materials

Ansprechpartner/in:

Rainer Merk (030 18333-2544)  
Liebetraud Hornung (030 18333-2540)

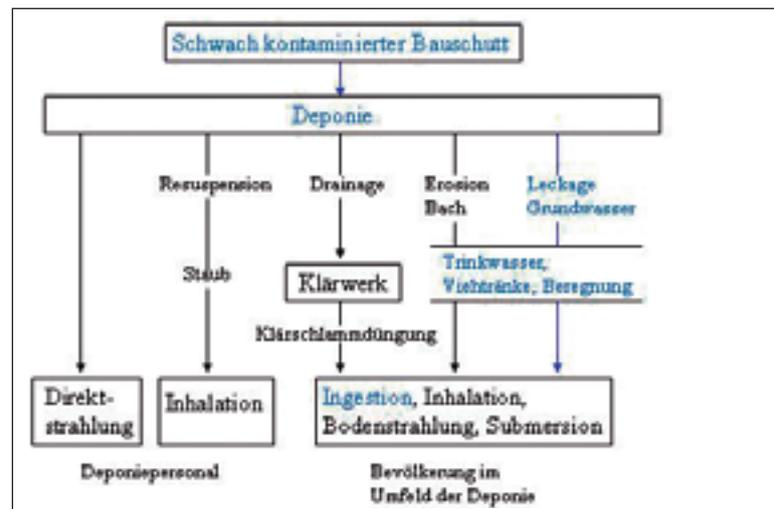
*Weakly contaminated rubble from the dismantling of nuclear power plants is subject to regulatory control. After clearance rubble can be released to be deposited in landfills. Clearance levels for radionuclides have to be calculated in such a way that the effective dose for an individual of the public is of the order of 10  $\mu\text{Sv}$  (Microsievert) per year. The so-called water pathway is an exposure scenario in which radionuclides originally contained in the rubble are washed out by rain water and subsequently migrate into the aquifer where the seepage is diluted by groundwater. The ultimate goal in modeling the water pathway is to calculate groundwater contamination levels at some distance from the landfill. In a continuous effort to improve the predictive capabilities of models, BFS applies the internationally established computer program Hydrus to problems of nuclide transport and water dynamics. The modeling strategy is in accordance with IAEA recommendations. Theoretical work is accompanied by experimental studies carried out by BFS and external consultants.*

Beim anstehenden Rückbau von Kernkraftwerken werden große Materialmengen anfallen, von denen der überwiegende Teil während des Betriebs und der Stilllegung nur schwach aktiviert oder schwach radioaktiv kontaminiert wurde. Es handelt sich dabei insbesondere um Bauschutt, der im Zuge der Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung, d. h. der Freigabe, entweder konventionell zu beseitigen ist oder aber durch Weiterverwendung/-verwertung wieder dem konventionellen Stoffkreislauf zugeführt werden kann. Zur Frage, unter welchen Bedingungen schwach radioaktive Stoffe freigegeben werden können, hat sich international ein Konsens gebildet. Demnach kann eine Entlassung von Stoffen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung dann verantwortet werden, wenn sie für Einzelpersonen der Bevölkerung zu Strahlenexpositionen allenfalls im Bereich von 10  $\mu\text{Sv/a}$  führt. Dieses Schutzziel war auch Ausgangspunkt bei der Herleitung der Freigabewerte für die weitere Verwendung, Verwertung und Beseitigung solcher Materialien als nicht radioaktive Stoffe. In Tabelle 1 Anlage III zu § 29 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV; [http://bundesrecht.juris.de/strlsv\\_2001/\\_29.html](http://bundesrecht.juris.de/strlsv_2001/_29.html) und [http://bundesrecht.juris.de/strlsv\\_2001/anlage\\_iii\\_163.html](http://bundesrecht.juris.de/strlsv_2001/anlage_iii_163.html))

sind die Freigabewerte als nuklidspezifische massen- bzw. flächenbezogene Aktivitätswerte für die jeweiligen Freigabeoptionen aufgelistet. Generell gilt, dass zur Einhaltung des Schutzziels (10  $\mu\text{Sv/a}$ ) Freigabewerte hinreichend konservativ abgeleitet wurden bzw. abzuleiten sind.

Die bestehende Regelung der Freigabe zur Beseitigung wird gegenwärtig novelliert. Die bei der Herleitung der Richtwerte für die Freigabe zur Beseitigung zugrunde gelegten Modellszenarien, -annahmen und -parameter waren insbesondere hinsichtlich der künftig zu erwartenden großen Mengen freizugebenden Bauschutts und der veränderten Rahmenbedingungen im Abfallrecht und in der Klärschlammverordnung an den Stand von Wissenschaft und Technik anzupassen. Bedarf besteht noch an der Weiterentwicklung des bei der Freigabe zur Beseitigung wichtigen Sickerwasser-/Grundwasserpfades (Abb. unten). Darüber hinaus laufen gegenwärtig Bestrebungen, ausgehend von den IAEA-Werten Freigabewerte international zu harmonisieren.

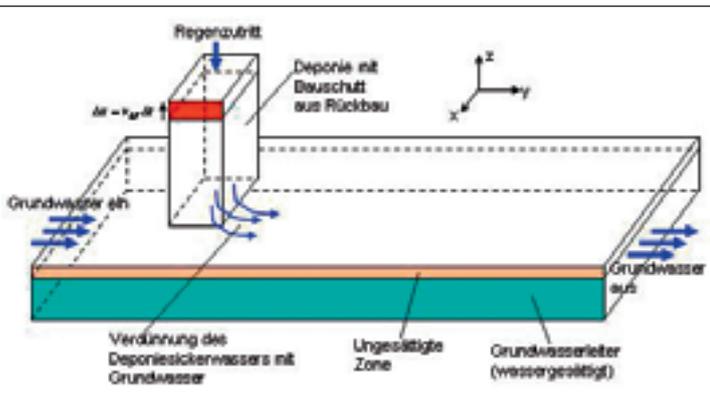
Bezüglich der Freigabe zur Beseitigung sind insbesondere die Modelle für den Transport von Radionukliden von der Deponie in das Grundwasser an neue experimentelle und theoretische Erkenntnisse anzupassen.



Expositionspfade und -szenarien bei der Freigabe von Bauschutt zur Deponierung

Beim Sickerwasser-/Grundwasserpfad wird angenommen, dass ein Teil der an den bzw. im Bauschutt der Deponie gebundenen Radionuklide durch Regen in das Grundwasser ausgewaschen wird. Modelle zum Sickerwassertransport sollten von einer realistischen Bodenstruktur aus ungesättigter Bodenzone und wassergesättigtem Grundwasserleiter (GWL) sowie einer durch den fortlaufenden Betrieb in vertikaler Richtung anwachsenden Deponie mit kontaminiertem Bauschutt ausgehen (Abb. S. 43).

Regen wäscht die Radionuklide aus dem Bauschutt zunächst in die ungesättigte Zone und danach weiter in den GWL aus. Schwach kontaminiertes Sickerwasser wird im GWL stark verdünnt (typischerweise um einen



Schema des Sickerwassertransportes

Faktor 1000). Ziel ist es, die Radionuklidkonzentration im Grundwasser in einiger Entfernung von der Deponie zu berechnen. Alle Zonen können als poröse Materialien mit unterschiedlichen Porositäten und hydraulischen Leitfähigkeiten (Durchlässigkeiten) angesetzt werden. Die landläufige Vorstellung eines unterirdischen Wasserflusses („Wasserader“) ist nicht korrekt, vielmehr hat man sich ein relativ langsames Durchströmen von Wasser durch ein poröses Material, beispielsweise Sand oder Kies, mit typischen Geschwindigkeiten im Bereich von Metern pro Jahr vorzustellen.

Gemeinsam mit externen Forschungsnehmern hat das BfS die Modellsituation bislang durch analytische und halbanalytische Lösungsansätze unter Zugrundelegung stark vereinfachter Annahmen und Abschätzungen beschrieben, die aus heutiger Sicht nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen, da Computer- und Softwaretechnologie heute erlauben, die Modelle mit einem höheren Detaillierungsgrad durchzurechnen. Die bestehenden Ansätze haben sich jedoch bisher als robust und praxistauglich erwiesen und sollen sinnvoller Weise auch weiterhin zu Vergleichszwecken herangezogen werden.

Durch Computersimulationen soll nun abgeschätzt werden, wie sich die Auswaschung der im Bauschutt befindlichen Nuklide auf die Nuklidkonzentration im Grundwasser auswirkt. Ziel ist es zudem zu überprüfen, inwieweit die bisher verwendeten vereinfachten Modellansätze zur Beschreibung des Sickerwassertransportes tatsächlich zu abdeckenden bzw. restriktiven Freigabewerten führen.

Fernziel ist die Fortschreibung von Freigabewerten zur Beseitigung, die das  $10\text{-}\mu\text{Sv}$ -Kriterium nachhaltig sicherstellen.

Geeignete Computerprogramme sind derzeit käuflich oder frei verfügbar vorhanden, sind jedoch voraussichtlich zu kombinieren bzw. weiterzuentwickeln. Mittels des Rechnerprogramms HYDRUS wurde der Nuklidtransport modelliert. Dieses an der University of California entwickelte Programm ist international etabliert und liegt in Versionen für Simulationen in ein, zwei oder drei Dimensionen vor. In einem ersten Schritt

wird das Deponiewachstum vernachlässigt und der Nuklidtransport mit der 1D-Version simuliert.

Die Untersuchungen des BfS umfassen:

1. Eindimensionale Modellierung der Auswaschung von Nukliden aus einer Bauschuttdeponie mit dem Programm HYDRUS. Die Deponie wird als nicht wachsend angenommen (Situation nach Stilllegung).
2. Eindimensionale Modellierung des Nuklidtransports durch die ungesättigte Bodenzone mit HYDRUS.
3. Verdünnung des kontaminierten Sickerwassers unter der Deponie durch Grundwasser durch einfache analytische Abschätzungen.
4. Weitertransport des kontaminierten Grundwassers im GWL. Eindimensionale Modellierung mit HYDRUS. Verfolgt wird auch eine Modellierung mit dem Radiologieprogramm RESRAD, welches bei der IAEA eingesetzt wird.

Modellierungen werden insbesondere für langlebige und für den Wasserpfad relevante Radionuklide durchgeführt. Im Rahmen eines Untersuchungsvorhabens ist das BfS ferner in experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Auslaugbarkeit von Radionukliden aus Bauschutt involviert. Hier geht es darum, unabhängig von einem möglichen Eintrag in das Grundwasser, den Vorgang der Auswaschung von Radionukliden aus Bauschutt besser zu verstehen. Beispielsweise sollen  $K_d$ -Werte repräsentativer Radionuklide in Bauschutt experimentell bestimmt und die Auslaugung in einfachen Modellsituationen simuliert und mit dem Experiment verglichen werden. Bislang wurden  $K_d$ -Werte für Radionuklide in Bauschutt ausgehend von  $K_d$ -Werten für Böden angesetzt.  $K_d$ -Werte sind ein Maß sowohl für die Mobilität als auch ein Maß für die in die wässrige Phase freigesetzten Anteile von Radionukliden in porösen Medien.

## HARMONISIERUNG VON ORTSDOSISLEISTUNGS-MESSDATEN AUF EUROPÄISCHER EBENE

Harmonisation of Gamma Dose Rate Data on the European Scale

Ansprechpartner:

Ulrich Stöhlker (030 18333-6730)  
Martin Bleher (030 18333-2710)

*Harmonisation of measured data of ambient dose rate is needed for two main reasons: up to now no ideal probe type is available for ambient dose rate  $H^*(10)$ . Even if probes are properly certified, they may overestimate or underestimate ambient dose rate under environmental conditions. Measured data are influenced by the surrounding of the probe site. Model calculations show that real probe site conditions may influence the measured signal by a factor of 5. Ambient dose rate data from most European states are available in the EURDEP platform. Interpretation of measured data exchanged by this platform needs additional information about probe properties*

and site characterisation collected by AIRDOS project. However, this additional information has to be updated regularly.

Für die Messung der Temperatur als eine der primären meteorologischen Kenngrößen gelten international anerkannte Standards. Messstellen meteorologischer Dienste werden einheitlich unter Berücksichtigung dieser Vorgaben betrieben. Dabei besteht das primäre Interesse darin, dass die Messdaten eine repräsentative Information liefern und dass ferner die erhobenen Daten national wie international vergleichbar sind. Die international anerkannten Standards betreffen dabei sowohl die unterschiedlichen für die Messung der Temperatur geeigneten Messgeräte und deren physikalische Charakterisierung als auch die Bedingungen bzw. Anforderungen an den Standort in der Umgebung der Messstelle.

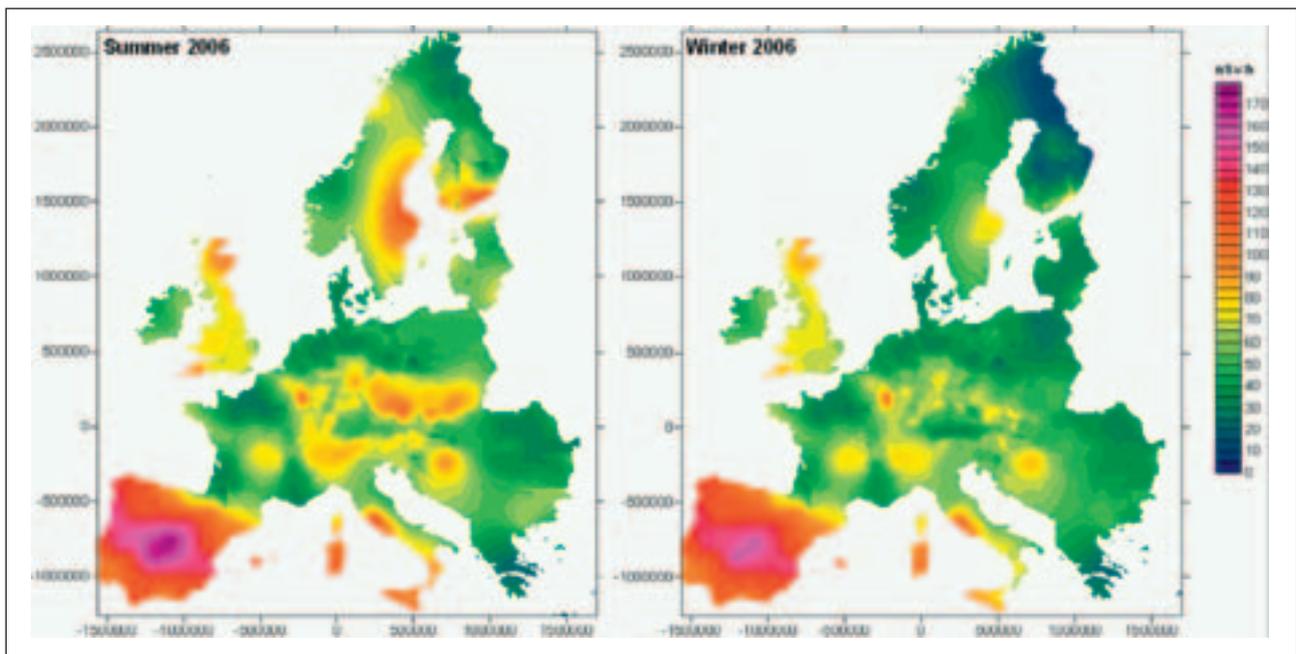
Ganz anders stellt sich die Situation bei der Überwachung der Umweltradioaktivität durch Messung der Ortsdosisleistung (ODL) dar. Derzeit sind keine Sonden verfügbar, die unter Umwelteinflüssen die Messgröße **Umgebungsäquivalentdosisleistung  $H^*(10)$**  in allen denkbaren Fällen genau abbilden, wie dies von idealen Sonden erwartet würde. Zwar wird mit Hilfe von ODL-Sonden in der Regel die Messgröße Umgebungsäquivalentdosisleistung in Einheiten von Sv/h gemessen und die Geräte sind zum größten Teil von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) nach Durchführung der Bauartprüfung zertifiziert, dennoch gelten außerhalb des Labors besondere Randbedingungen.

Wird in einem Messnetz nur ein ganz bestimmter Sondentyp eingesetzt und wird kein Anspruch auf eine absolute Messung der ODL erhoben, so kann man das unterschiedliche Ansprechvermögen der Sonden ggf. in Kauf nehmen. Wenn man aber an den Absolutwert

ten der ODL interessiert ist oder die Daten sämtlicher Messnetze innerhalb der EU miteinander in Bezug bringt, in denen unterschiedlichste Detektortypen eingesetzt werden, so werden die Unterschiede deutlich bemerkbar.

Zur Charakterisierung der zur Überwachung der Umweltradioaktivität eingesetzten unterschiedlichen Sonden betreibt die PTB im Rahmen des EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) einmal jährlich ein spezielles Messprogramm. Dabei wird u. a. das Ansprechvermögen gegenüber der kosmischen Komponente und der Eigeneffekt der Sonden ermittelt. Im Unterschied dazu betreibt das BfS die so genannte Interkalibrationsmessstelle auf dem Schauinsland bei Freiburg, wo die Sonden langfristig betrieben und die ermittelten Daten mit Referenzwerten verglichen werden.

Betrachtet man zusätzlich zu den physikalischen Eigenschaften die realen Messbedingungen unter denen ODL-Sonden in den verschiedenen Messnetzen innerhalb der EU betrieben werden, so stellt man fest, dass Sonden vielfach auf Dächern, an Masten und Wänden in unterschiedlichen Höhen montiert sind. Eine Standardisierung z. B. der Messhöhe, wie sie bei der Messung der Temperatur gegeben ist, besteht nicht. In Deutschland wurde bereits während des Aufbaus des ODL-Messnetzes im Jahr 1986 darauf geachtet, dass analog einheitliche Kriterien für den Betrieb von ODL-Sonden gelten: die Sonden werden in 1 m Höhe möglichst über einer ausgedehnten ebenen Grasfläche installiert. Werden die Sonden – anders als es in Deutschland praktiziert wird – ohne jegliche Standardisierung installiert, so ist im Fall einer Kontamination mit einer Über- bzw. Unterschätzung des realen Messwerts um bis zu einen Faktor 5 zu rechnen.



Durchschnittliche terrestrische ODL im Sommer (links) und Winter (rechts) 2006 in Europa (aus "Mapping terrestrial  $\gamma$ -dose rate in Europe based on routine monitoring data"; T. Szegvary, F. Conen, U. Stöhlker, G. Dubois, P. Bossew, G. de Vries (2007), Radiation measurements 42(9): 1561-1572)

Um jederzeit die Darstellung der radiologischen Situation in der EU zu ermöglichen, haben sich die europäischen Staaten vertraglich verpflichtet, ODL-Daten auszutauschen. Zu diesem Zweck wurde der Europäische Datenverbund EURDEP (European Data Exchange Platform) eingerichtet mit der Datenzentrale beim Joint Research Centre (JRC) in Ispra, Italien, und Spiegelservern am Standort Freiburg des BfS sowie einem weiteren System bei der EU in Luxemburg. Im Jahr 2004 wurde von der Europäischen Kommission ein Projekt initiiert, das die Harmonisierung der zwischen den Staaten der EU ausgetauschten ODL-Daten zum Ziel hat. Das Projekt mit dem Namen AIRDOS wurde unter Federführung des JRC, unterstützt durch Experten aus Österreich, der Schweiz und vom BfS, durchgeführt. Zunächst wurden die zu erfragenden Sachverhalte festgelegt und anschließend der daraus entwickelte Fragebogen an die einzelnen Messnetzbetreiber in der EU versandt. Als Ergebnis liegt inzwischen eine Beschreibung der Messnetze inkl. der Charakterisierung aller Messstellen vor.

Als mittelfristiges Ziel gilt es nun, den Ansatz der Harmonisierung der ODL-Daten in der EU zu einem operationellen Verfahren weiterzuentwickeln, so dass jederzeit neben den Rohdaten harmonisierte Daten zur Verfügung stehen. Der Spiegel-Server in Freiburg wurde zu diesem Zweck um eine Datenbank erweitert, die die Inhalte des AIRDOS-Fragebogens wiedergibt. Ferner wurde erreicht, dass vom JRC die im Turnus von 2 bis 3 Jahren stattfindenden Treffen der EURDEP-Mitglieder um einen AIRDOS-Workshop ergänzt werden. Da die Information über ein Messnetz bereits nach wenigen Monaten veraltet sein kann, bedarf es folglich der ständigen Pflege. Daher wurde vereinbart,

## Messgrößen für die Ortsdosisleistung

### Umgebungs-Äquivalentdosisleistung $dH^*(10)/dt$ :

Die Äquivalentdosis pro Zeiteinheit, die in 10 mm Tiefe in der ICRU-Kugel gemessen würde. Die Einheit ist Sievert pro Stunde (Sv/h).

### Richtungs-Äquivalentdosisleistung $dH'(0,07)/dt$ :

Die Äquivalentdosisleistung pro Zeiteinheit, die in 0,07 mm Tiefe in der ICRU-Kugel gemessen würde. Die Einheit ist Sv/h.

Für ein externes Strahlungsfeld kann die Umgebungs-Äquivalentdosis als Schätzwert für die effektive Dosis gelten, die Richtungs-Äquivalentdosis als Schätzwert für die Hautdosis.

**ICRU-Kugel** bezeichnet ein Phantom, das von der International Commission on Radiation Units and Measurement (ICRU) eingeführt wurde, um die Energieaufnahme durch ionisierende Strahlung im menschlichen Körper nachzubilden.

eine Plattform zur Pflege der AIRDOS-Datenbank zu entwickeln und im Rahmen von EURDEP aktuell zu halten.

Die Harmonisierung der ODL-Daten auf europäischer Ebene ist eine Aufgabe, die parallel zu dem Austausch dieser Daten zu entwickeln und fortzuschreiben ist. Sie ist zweifelsfrei unerlässlich, um eine einheitlich radiologische Lagedarstellung in der EU zu erreichen.

## ZERTIFIZIERUNG VON EDELGASSTATIONEN FÜR DIE ÜBERWACHUNG DES KERNWAFFEN-TESTSTOPPABKOMMENS

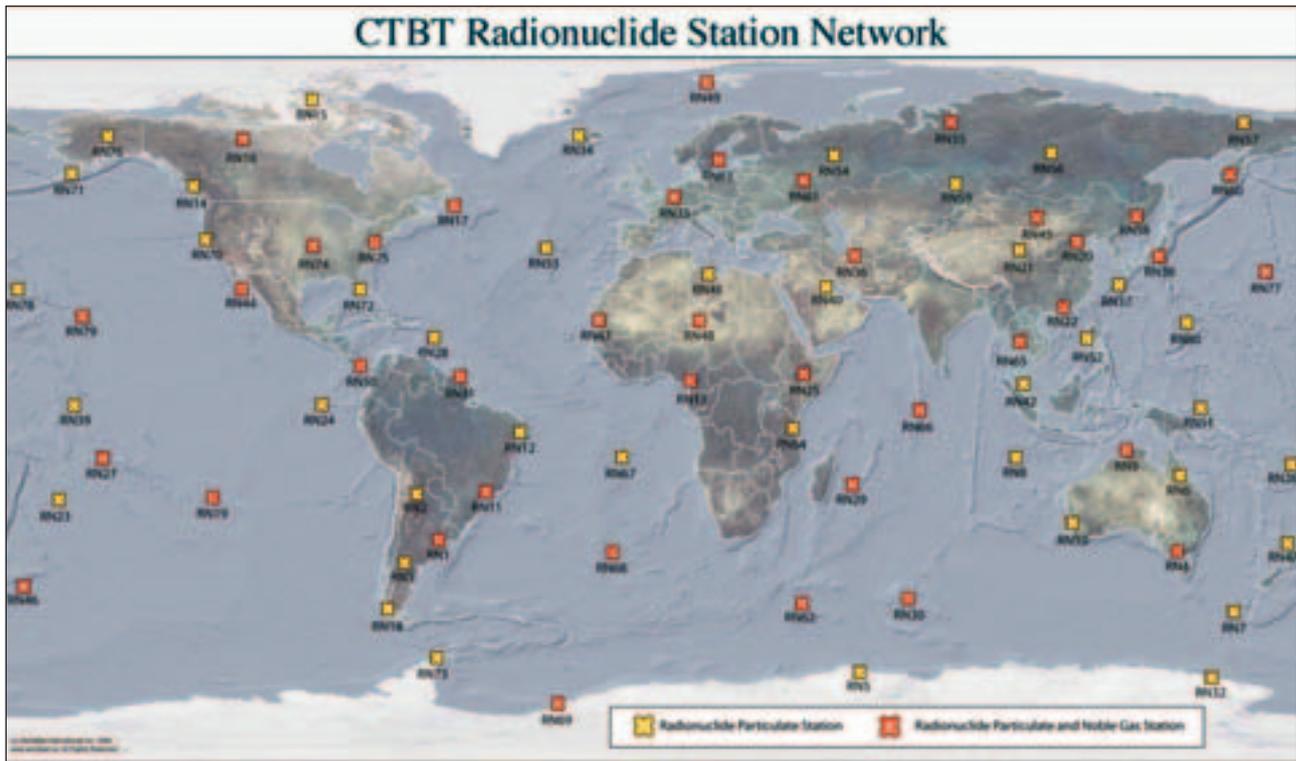
Certification of Noble Gas Stations for Monitoring the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty

Ansprechpartner:

Matthias Auer (030 18333-6776)  
Clemens Schlosser (030 18333-6778)

*Noble Gas measurement is a major component of the verification regime for monitoring the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT). In order to fulfil the requirements of the CTBT, a new monitoring technology has been developed and tested during the last decade. The Federal Office for Radiation Protection (BfS) contributed to this development in various ways, e. g. by intercomparison measurements, operation of newly developed equipment and evaluation of new developments. A major instrument for quality assurance of noble gas systems is the process of certification. Requirements for certification have been developed during the last years, in which the BfS took a leading role. A first test certification of a SPALAX noble gas system was successfully performed at the IMS station hosted by the BfS at Schauinsland.*

Der Vertrag über das umfassende Verbot von Nuklearversuchen (engl. Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty, CTBT, [www.ctbto.org](http://www.ctbto.org)) verpflichtet seine Mitgliedstaaten zum vollständigen Verzicht auf Kernwaffentests. Der Vertrag wurde von 180 Staaten unterzeichnet und von 145 Staaten ratifiziert, tritt jedoch erst nach Ratifikation aller 44 Staaten, die Forschungsreaktoren und Kernkraftwerke betreiben, in Kraft. Eine wesentliche Komponente dieses Vertrages ist ein Verifikationssystem, bestehend aus einem globalen Messnetz (International Monitoring System, IMS), einem Datenzentrum (International Data Center, IDC) sowie Vorkehrungen für Vor-Ort-Inspektionen (On-Site Inspection). Das IMS besteht aus 321 Messstationen. Es soll nukleare Explosionen an jedem Ort der Erde detektieren, identifizieren und lokalisieren. Dieses Messnetz wird gegenwärtig aufgebaut und soll betriebsbereit sein, wenn der Vertrag in Kraft tritt. Die Detektion und Lokalisierung verdächtiger Explosionen erfolgt primär mit Hilfe geophysikalischer Messungen auf Kontinenten (Seismometer), in den Ozeanen (Unterwassermikrophone) und in der Atmosphäre (Mikrophone für Infraschallwellen).



Radionuklidmessnetz zur Überwachung des CTBT (©CTBTO, Preparatory Commission)

Detoniert ein nuklearer Sprengkörper, so entsteht in der Folge eine Vielzahl radioaktiver Spaltprodukte. Die überwiegende Zahl der so gebildeten Radionuklide kommt in der Natur nicht vor. Sie unterscheiden sich ebenfalls in der Zusammensetzung von radioaktiven Emissionen aus kerntechnischen Anlagen. Der nukleare Charakter verdächtiger Explosionen kann daher nur über das Radioaktivitätsmessnetz, welches aus insgesamt 80 Stationen besteht, festgestellt werden. Dieses Messnetz ist so ausgelegt, dass eine nukleare Detonation mit einer Sprengkraft von über einer Kilotonne TNT-Äquivalent innerhalb von 14 Tagen mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 90 % detektiert wird. Für das Radioaktivitätsmessnetz werden zwei verschiedene Messtechnologien verwendet. Alle 80 Stationen sind mit Systemen zur Messung aerosolgebundener Radionuklide ausgestattet. An 40 der Stationen werden zusätzlich Geräte zur Messung von radioaktivem Xenon installiert (Bild oben). Zusätzlich gibt es 16 Radionuklidlabors, deren Hauptaufgabe es ist, die Qualität der Messungen an den Stationen sicherzustellen. Die Messung von radioaktivem Xenon ist insbesondere zum Nachweis unterirdischer Tests von Bedeutung, denn mit Ausnahme der radioaktiven Edelgase gelangen bei unterirdischen Kernwaffentests Spaltprodukte nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit in die Atmosphäre. Daher ist die Messung von radioaktivem Xenon (welches unter den Edelgasen die höchste Spaltausbeute hat) ein unverzichtbares Verifikationsinstrument. Die Messung von Spaltprodukten kann einen Kernwaffentest eindeutig identifizieren, die Stärke der Wellentechnologie liegt in der zeitnahen Lokalisierung des Explosionsortes. Seine erste Be-

währungsprobe hatten das Messnetz und die Xenonmesstechnik nach dem Anfang Oktober 2006 angekündigten Kernwaffentest in Nordkorea (siehe BFS-Jahresbericht 2006, S. 52-53).

Aufgrund der hohen Anforderungen an die Sensitivität der Messungen existierten bis vor einigen Jahren keine Messgeräte, die für den Einsatz zur Überwachung des CTBT geeignet waren und die zudem den Anforderungen eines globalen Messnetzes genügten. In Folge des Aufbaus des internationalen Messnetzes wurden jedoch in den letzten Jahren von vier Forschungsinstitutionen aus Frankreich, Russland, Schweden und USA Geräte für diesen Einsatz entwickelt. Um diese Systeme den Erfordernissen des internationalen Messnetzes anzupassen, wird seit 1999 von der Vorbereitungskommission für die Umsetzung des CTBT ein Entwicklungsprogramm (International Noble Gas Experiment, INGE) organisiert. Aufgrund der langjährigen Erfahrungen im Bereich Spurenanalytik radioaktiver Edelgase ist das BfS von Beginn an maßgeblich in mehrere Aktivitäten dieses Programms involviert. U. a. wurde in den Jahren 1999 bis 2001 am Standort Freiburg ein Vergleichsexperiment von vier unterschiedlichen Xenonmesssystemen durchgeführt (siehe BFS-Jahresbericht 2000, S. 23-24). Außerdem werden regelmäßig Proben von Stationen bzw. Labors des internationalen Messnetzes in dem Spurenanalytelabor des BfS nachgemessen. An der CTBT-Messstation Schauinsland ist zudem neben einem bereits zertifizierten Messsystem RASA zur Messung aerosolgebundener Radioaktivität (siehe BFS Jahresbericht 2005, S. 61-62) auch seit dem Jahre 2004 ein Edelgasmesssystem SPALAX in Betrieb.

Die Betreuung und damit die hohe Verfügbarkeit und Qualität der Daten beider Systeme liegt in der Verantwortung des BfS. Das BfS leistet mit seiner Unterstützung des Xenonvergleichsexperimentes einen wesentlichen Beitrag zur Akzeptanz durch die Staatengemeinschaft dieser während der Verhandlung des CTBT noch umstrittenen Messtechnologie.

Bevor die Daten einer Station an das internationale Datenzentrum gesendet werden können, muss diese Station zertifiziert werden. Die Zertifizierung ist ein wesentliches Instrumentarium um sicherzustellen, dass die Minimalanforderungen erfüllt sind und die Qualität der an die Mitgliedstaaten gelieferten Daten gewährleistet ist. Die Entwicklung von Kriterien, die der Zertifizierung zugrunde liegen, ist aufgrund der Neuheit der Messtechnologie eine Herausforderung. An der Ausarbeitung dieser Kriterien, die in diesem Jahre nach mehrjähriger Vorbereitung zum Abschluss kam, war das BfS maßgeblich beteiligt. Zum einen hatte es den Vorsitz in einer internationalen Arbeitsgruppe zur Definition und Auswahl der Kriterien, zum anderen wurde am Edelgassystem an der Messstation Schauinsland im März 2007 die erste Testzertifizierung des Edelgassystems SPALAX durchgeführt (Bild unten), um die Zertifizierungsvorschriften zu überprüfen. Beispielsweise soll die Zertifizierung sicherstellen, dass das Isotop Xe-133 mit einer Nachweisgrenze von  $1 \text{ mBq/m}^3$  gemessen werden kann und dass die Infrastruktur und die Organisation der Arbeitsabläufe an der Station in Übereinstimmung mit den Anforderungen des CTBT sind.



**SPALAX Edelgassystem auf der Radionuklidstation Schauinsland während der Testzertifizierung**

Die Zertifizierungskriterien wurden in diesem Jahr von der Vorbereitungskommission der CTBTO akzeptiert. Es ist von den Radionuklidexperten beabsichtigt, ab ca. 2010 die ersten Edelgasstationen des internationalen Messnetzes zu zertifizieren, die damit gleichwertig mit Stationen anderer Messtechnologien in den Routinebetrieb der CTBTO integriert werden können. Bis Ende 2008 waren 22 Edelgassysteme in Betrieb, bis 2010 ist der Ausbau um weitere 10 Systeme geplant.

Die Zertifizierung ist nur der erste Schritt zur Sicherstellung der Datenqualität. Hierzu ist auch für den Routinebetrieb ein Qualitätssicherungsprogramm mit der Einbindung von Radionuklidlaboren nötig. An der Entwicklung dieses Programms mit seiner Expertise und seinem Edelgaslabor ist das BfS ebenfalls maßgeblich beteiligt.

## **INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DER NUKLEARSPEZIFISCHEN GEFAHRENABWEHR**

*International Cooperation in the Field of the Defence Against Nuclear Hazards*

Ansprechpartner:

Ralph Maier (030 18333-1191)

*In 2008 the Federal Office for Radiation Protection (BfS) intensified the cooperation in the field of the defence against nuclear hazards. The BfS presented talks on the defence against nuclear hazards at conferences and meetings and demonstrated its capabilities at workshops and during exercises. The international cooperation took place within various organisations and committees, for example in the International Atomic Energy Agency (IAEA), in the Illicit Trafficking Working Group (ITWG), the European Commission, the European Police Office (Europol), the Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism (GICNT) and also in bilateral meetings. A contribution to the development of the defence against nuclear hazards, both on a technical and organisational level, was made through the work of the BfS in international meetings. This cooperation will be continued to ensure that the standard of the defence against nuclear hazards in the BfS remains high.*

Aufbauend auf den Ergebnissen der Jahre 2006 und 2007 wurde die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr (NGA) weiter intensiviert. Vom BfS wurden Arbeiten im Rahmen der NGA auf zahlreichen Tagungen präsentiert und in Workshops und Übungen demonstriert. Die Zusammenarbeit umfasste dabei verschiedenste Gremien und Organisationen, wie beispielsweise die Internationale Atomenergieorganisation (IAEA), die Arbeitsgruppe gegen Schmuggel von Nuklearmaterial (Illicit Trafficking Working Group, ITWG), die Europäische Kommission, die europäische Polizeibehörde (EUROPOL), die Globale Initiative gegen Nuklearterrorismus (GICNT) sowie bilaterale Kontakte.

Einige Schwerpunkte der internationalen Zusammenarbeit sind im Folgenden aufgeführt:

### **IAEA**

Die IAEA erarbeitet derzeit ein internationales Regelwerk zur nuklearen Sicherung (Nuclear Security). Ziel ist es, den Mitgliedsstaaten Empfehlungen zur Koordination ihrer Aktivitäten und Arbeiten auf dem Gebiet der Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr zu geben.

Das BfS arbeitet in diesem Zusammenhang bei der Erstellung von Empfehlungen zum Thema „Detection and Response to Criminal and Unauthorized Acts Involving Nuclear and other Radioactive Material“ und an der Richtlinienerstellung zu „Technical and Functional Specification for Border Monitoring Equipment“ mit.

#### **Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism**

Im Jahr 2006 wurde die Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism (GI) von den USA und Russland gegründet. Die GI versucht, die Kapazitäten der Mitgliedstaaten zur Bekämpfung von nuklearem Terrorismus zu erweitern. Insbesondere werden Verbesserungen in den folgenden Bereichen angestrebt:

- Sicherung nuklearer Anlagen und radioaktiver Quellen.
- Detektion radioaktiver Stoffe an Landesgrenzen.
- Lagebewältigung während eines Zwischenfalls und die Kooperation zwischen Staaten.



**Tatortübung zum Auffinden versteckter Quellen ionisierender Strahlung**

Im Februar 2008 hat das BfS an einem internationalen NGA-Informationsaustausch teilgenommen und über die vorliegenden Erfahrungen bei der Arbeit an kontaminierten Tatorten und die damit verbundene Zusammenarbeit mit den Polizeibehörden berichtet.

#### **Illicit Trafficking Working Group**

Die Nuclear Smuggling International Technical Working Group (ITWG) ist ein internationales Forum, in dem Naturwissenschaftler, Polizeibehörden, Entscheidungsträger und Diplomaten zusammenkommen, um technische Probleme im Bereich der nuklearen Forensik (forensische Analyse von Kernmaterial und Begleitstoffen) zu lösen und weltweit den illegalen Umgang mit nuklearen Materialien zu bekämpfen.

Die ITWG wurde 1996 von der G8 gegründet und arbeitet mit der IAEA eng zusammen.

Mitte Juni 2008 haben Vertreter des BfS am Treffen der ITWG in Sofia teilgenommen. Zusammen mit dem Institut für Transurane der Europäischen Kommission (ITU) hat das BfS den Entwurf einer „ITWG-Guideline“ zum Thema Tatortarbeit erarbeitet. Diese Arbeitsanweisung wird innerhalb der ITWG weiter diskutiert und soll anschließend zur Unterstützung anderer Länder bei der Tatortarbeit in kontaminierten Bereichen veröffentlicht werden. Ferner sind die Tagungsteilnehmer über den Verlauf der Übung der Zentralen Unterstützungsgruppe des Bundes (ZUB) in Köln im Juni 2008 informiert worden. Der Nutzen derartiger Großübungen zur Validierung der Einsatzbereitschaft entsprechender Einsatzkräfte in radiologischen Gefahrensituationen stand in besonderem Interesse der Teilnehmer.

#### **CBRN Force der Europäischen Kommission**

Die EU-Kommission hat im Juli 2008 einen Workshop zum Thema „Survey of Radiological Preparedness in der EU“ abgehalten. In Fortsetzung wurde ein weiterer Workshop der „Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Task Forces“ (CBRN Task Force) beschlossen, an dem das BfS als deutscher Vertreter teilgenommen hat. Ziel des Workshops war eine Verbesserung der Detektionsmöglichkeiten von radioaktiven Stoffen innerhalb der EU.



**Teilnehmer des Europol-Seminars in Den Haag zum Thema „International Trafficking of Nuclear and Radiological Materials (ITNR)“ im November 2008**

Durch die Mitarbeit des BfS an internationalen Veranstaltungen konnte ein Beitrag zur Weiterentwicklung der technischen und organisatorischen Möglichkeiten der NGA sowohl national als auch international geleistet werden.

# SICHERHEIT IN DER KERntechnik

Nuclear Safety

## ÜBEREINKOMMEN ÜBER NUKLEARE SICHERHEIT: BfS BETEILIGT SICH AM VIERTEN ÜBERPRÜFUNGSprozess

Convention on Nuclear Safety: BfS Participated in the 4th Review Process

Ansprechpartner:

Hartmut Klonk (030 18333-1530)

*The Fourth Review Meeting of the Contracting Parties under the Convention on Nuclear Safety took place from 14 - 25 April 2008 in Vienna. The German Report for this review process had been produced under the responsibility of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) by the Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) and the Federal Office for Radiation Protection (BfS), but for the first time with intense participation of the Federal Länder regulatory authorities and the operators of nuclear power plants. BfS has been involved in the review process of the Convention right from the beginning in drafting parts of the report and in particular supporting initiatives to further develop the review procedure to enhance the effectiveness of the Convention.*

Im vorgesehenen Dreijahresabstand fand vom 14. - 25. April 2008 in Wien die Vierte Überprüfungstagung zum Übereinkommen über nukleare Sicherheit (Convention on Nuclear Safety) statt (siehe Infokasten "Ziele, Inhalt und Verpflichtungen"). Das internationale Interesse zur Teilnahme war gegenüber den früheren Tagungen deutlich gestiegen, es waren ca. 680 akkreditierte Teilnehmerinnen und Teilnehmer angemeldet, verglichen mit 150 noch bei der ersten Überprüfungstagung im Jahre 1999. Für dieses Übereinkommen hatte die Bundesregierung im Oktober 2007 den vierten nationalen Bericht bei der IAEA in Wien hinterlegt. Wie bereits der vorangegangene Bericht ist auch dieser eine Aktualisierung des vorigen, dabei aber in wesentlichen Teilen neu und de-

taillierter gefasst. Der Bericht ist unter der Verantwortung des BMU gemeinsam vom BfS, der GRS und dem BMU und erstmalig auch von den atomrechtlichen Behörden beteiligter Bundesländer und den Betreibern der deutschen Kernkraftwerke in einem breiten Abstimmungsprozess erstellt worden.

Alle nationalen Berichte wurden allen Vertragsparteien zur Verfügung gestellt, die dadurch Gelegenheit hatten, diese vorab zu prüfen und Fragen an die anderen Vertragsparteien zu richten. Auf der Überprüfungstagung selber berichteten die Vertragsparteien in zumeist freimütiger Weise in sechs parallel tagenden Ländergruppen über ihre jeweiligen aktuellen Herausforderungen bei der Gewährleistung der kerntechnischen Sicherheit.

Die deutsche Präsentation in Ländergruppe 5 erfolgte am 15. April und umfasste eine Darstellung der aus deutscher Sicht wichtigen Entwicklungen der letzten Jahre, insbesondere auch bezüglich der auf der letzten Überprüfungstagung 2005 vermerkten Herausforderungen. Themen der Präsentation und der anschließenden Diskussion waren neben den Darstellungen zum Kompetenzerhalt bei den Behörden, insbesondere beim BMU, die derzeit laufende Überarbeitung des deutschen Regelwerkes, die Auswertung der Betriebserfahrung und der Erfahrungsrückfluss, das Sicherheitsmanagement bei den Betreibern und die Einladung für eine internationale Überprüfung der atomrechtlichen Behörde und ihrer Arbeit (IRRS-Mission) für September 2008. Die deutsche Delegation gab offen und freimütig auf alle Fragen Auskunft und scheute sich auch nicht, Defizite und ungelöste Fragen zu benennen. Der Informationsaustausch zwischen dem Bund und den Landesbehörden sei beispielsweise verbesserungsbedürftig. Das Abschlussdokument der Tagung greift die inhaltlichen Schwerpunkte der Diskussionen auf, ohne die einzelnen Länder zu erwähnen: gesetzliche Grundlagen und Regelwerk, Unabhängigkeit der Behörde, Sicherheitsmanagement und Sicherheitskultur, personelle Kompetenz bei Behörde und Betreiber, PSA und PSÜ, Lebensdauerverlängerung, Notfallvorsorge, Neubau von Kernkraftwerken. Der Bericht wurde mit Beendigung der Konferenz auf der Webseite der IAEA veröffentlicht ([http://www-ns.iaea.org/downloads/ni/safety\\_convention/summary-report-april2008-final.pdf](http://www-ns.iaea.org/downloads/ni/safety_convention/summary-report-april2008-final.pdf)). Darüber hinaus beschlossen die Vertragsstaaten – auch auf deutsche Initiative – weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit dieses Übereinkommens.

Das BfS beteiligt sich seit 1999 an der Erstellung des deutschen Berichts, übernimmt organisatorische Aufgaben bei den Tagungen und arbeitet aktiv an den weiterführenden Verbesserungsmaßnahmen des Prozesses auch in den Zeiträumen zwischen den Tagungen mit. Dadurch trägt das BfS maßgeblich zur Gestaltung dieses Übereinkommens bei.



Plenarsitzung der Vierten Überprüfungstagung

Weitere Informationen zu diesem Übereinkommen wie auch zu anderen internationalen Übereinkommen sind auf den Internetseiten der IAEA zu finden. Alle deutschen Berichte sind auf der Webseite des BfS <http://www.bfs.de/de/kerntechnik/cns.html> veröffentlicht.

## Das internationale Übereinkommen über nukleare Sicherheit - Ziele, Inhalt und Verpflichtungen

Das internationale Übereinkommen über nukleare Sicherheit (Convention on Nuclear Safety) trat am 24. Oktober 1996 in Kraft. Es ist bislang von 65 Vertragsparteien gezeichnet und von 60 Staaten sowie von EURATOM ratifiziert, angenommen oder genehmigt worden. Deutschland ist seit dem 20. April 1997 Vertragspartei. Ziele dieses Übereinkommens sind:

1. Erreichung und Beibehaltung eines weltweit hohen Standards nuklearer Sicherheit.
2. Schaffung und Beibehaltung wirksamer Abwehrvorkehrungen in Kernanlagen gegen mögliche radiologische Gefahren.
3. Verhütung von Unfällen mit radiologischen Folgen und Milderung solcher Folgen, falls sie eintreten.

Es enthält auch die Verpflichtung, alle drei Jahre einen nationalen Bericht über die Umsetzung des Übereinkommens vorzulegen und an den Überprüfungskonferenzen teilzunehmen. In einem solchen Überprüfungsverfahren soll die ausführliche Diskussion der hierzu vorzulegenden nationalen Berichte dazu führen, dass alle Staaten – auch durch einen gewissen Druck der anderen Vertragsparteien – hohe Sicherheitsstandards im kerntechnischen Bereich einhalten.

Die Anforderungen an die Vertragsparteien betreffen den erforderlichen Rahmen in Gesetzgebung und Vollzug, die Schaffung einschlägiger Sicherheitsvorschriften und eines Systems für behördliche Genehmigung und Prüfung und allgemeine Sicherheitsanforderungen. Behandelt werden dabei Personalqualifikation, menschliche Faktoren, Qualitätssicherung, Bewertung der Sicherheit, Strahlenschutz, Notfallvorsorge, Standortwahl, Auslegung und Bau sowie Betrieb von Kernkraftwerken.

## DOKUMENTATION DER IN DEN DEUTSCHEN KERNKRAFTWERKEN ERZEUGTEN STROMMENGEN

Documentation of Electricity Produced in German Nuclear Power Plants

Ansprechpartner:

Johann Hutter (030 18333-1567)

*The Federal Office for Radiation Protection (BfS) is the competent authority appointed by law to the registration and documentation of the net electricity produced in German NPPs and the resulting residual electricity volumes according to the Atomic Energy Act. The produced electricity volumes and residual electricity volumes (production rights) as of December 2008 are reported.*

Durch das am 27.04.2002 in Kraft getretene geänderte Atomgesetz (AtG) wird die Kernenergienutzung zur Stromerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland geordnet beendet. Für die heute betriebenen Kernkraftwerke bedeutet das, dass nach der Erzeugung der für jede Anlage nach dem AtG festgelegten Reststrommenge die Berechtigung zum Betrieb der Anlage erlischt. Die ab dem 1. Januar 2000 noch produzierbaren Strommengen sind in einer Anlage zum AtG enthalten (Anlage 3 zu § 7 Abs. 1a AtG). Sie waren in der Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den die Kernenergie nutzenden Energieversorgungsunternehmen (EVU) vom 14. Juni 2000/11. Juni 2001 festgelegt worden und sollten nach Aussagen der Vertragspartner für jedes Kernkraftwerk eine Betriebszeit von ungefähr 32 Jahren ergeben.

Hierzu bestimmt das Atomgesetz, dass die Betreiber die in den deutschen Kernkraftwerken erzeugten Elektrizitätsmengen und vorgenommenen Strommengenübertragungen dem BfS mitteilen. Das BfS gibt diese Informationen der Öffentlichkeit, insbesondere im Bundesanzeiger, bekannt.

Die Werte für das Kalenderjahr 2008 können der Tabelle auf Seite 51 entnommen werden.

Im November 2003 wurde mit Stade das erste Kernkraftwerk im Zuge des Atomkonsenses abgeschaltet, im Mai 2005 hat das Kernkraftwerk Obrigheim den Betrieb eingestellt. Für einige weitere, vor allem ältere Anlagen, ist das Betriebsende ebenfalls bereits in Sicht. In der ersten Jahreshälfte 2010 ist das Betriebsende u. a. für die Anlagen Biblis A und Neckarwestheim 1 zu erwarten; Biblis B wird voraussichtlich Ende 2010 folgen.

Teils ist die gegenüber den früheren Berechnungen verzögerte Abschaltung älterer Anlagen auf die im Herbst 2009 stattfindende Bundestagswahl zurückzuführen. So hatte der Vorstandsvorsitzende der RWE AG Ende 2007 Medienberichten zufolge erklärt, das von RWE betriebene Kernkraftwerk Biblis könne so gefahren werden, "dass wir mit den Restlaufzeiten über die nächste Bundestagswahl kommen". Danach gebe es vielleicht ein anderes Denken in Bevölkerung und Regierung.

Erzeugte Elektrizitätsmengen (netto) der deutschen Kernkraftwerke, Übertragung von Produktionsrechten und Erfassung der Reststrommengen							
Vom 1. Januar 2000 bis 31. Dezember 2008 erzeugte elektrische Nettoarbeit und Reststrommengen [GWh] - Jahresmeldung 2008							
Kernkraftwerk	Reststrom- menge ab 01. Jan. 2000 gem. § 7 Abs. 1a AtG	1. Jan. 2000 bis 31. Dez. 2005	Summe 2006	Summe 2007	Summe 2008***	bisher über- tragene Strom- mengen	verbleibende Reststrom- menge
Stade*	23.180,00	18.394,47					4.785,53
Obrigheim**	8.700,00	14.199,89				5.499,89	0,00
Biblis A	62.000,00	41.323,71	6.995,31	0,00	8.472,13		5.208,85
Neckarwestheim 1	57.350,00	36.206,37	6.182,17	4.713,53	3.786,95		6.460,98
Biblis B	81.460,00	49.320,34	8.300,58	884,46	10.355,20		12.599,42
Brunsbüttel	47.670,00	28.215,08	5.967,39	2.487,86	0,00		10.999,67
Isar 1	78.350,00	40.537,10	6.808,10	6.755,77	7.582,63		16.666,40
Unterweser	117.980,00	54.916,74	10.391,46	9.076,27	9.295,52		34.300,01
Philippsburg 1	87.140,00	39.105,96	6.911,89	6.966,11	6.148,10	-5.499,89	22.508,05
Grafenrheinfeld	150.030,00	60.705,96	9.424,88	10.311,47	9.763,01		59.824,68
Krümmel	158.220,00	54.007,28	10.177,78	5.454,86	0,00		88.580,08
Gundremmingen B	160.920,00	60.588,45	10.085,79	10.496,50	9.669,91		70.079,35
Philippsburg 2	198.610,00	62.951,35	10.967,39	11.180,64	10.844,03		102.666,59
Grohnde	200.900,00	65.243,81	10.995,69	10.818,40	10.545,95		103.296,15
Gundremmingen C	168.350,00	58.803,03	10.542,96	9.888,31	9.928,98		79.186,72
Brokdorf	217.880,00	66.893,48	11.201,33	11.425,65	11.450,40		116.909,14
Isar 2	231.210,00	68.935,80	11.755,26	11.377,49	11.456,15		127.685,30
Emsland	230.070,00	66.109,45	11.147,60	10.989,22	10.896,15		130.927,58
Neckarwestheim 2	236.040,00	62.537,41	10.877,47	10.411,09	10.702,15		141.511,88
<b>Summe</b>	<b>2.516.060,00</b>	<b>948.995,68</b>	<b>158.733,05</b>	<b>133.237,63</b>	<b>140.897,26</b>	<b>5.499,89</b>	<b>1.134.196,38</b>
Mülheim-Kärlich	107.250,00						107.250,00
<b>Gesamtsumme</b>	<b>2.623.310,00</b>						<b>1.241.446,38</b>

\* Das Kernkraftwerk Stade ging am 14.11.2003 außer Betrieb und wurde am 07.09.2005 stillgelegt. Über die Verwendung der verbliebenen Reststrommenge bei KKS ist noch nicht entschieden worden.

\*\* Das Kernkraftwerk Obrigheim wurde am 11.05.2005 außer Betrieb genommen und am 28.08.2008 stillgelegt.

\*\*\* Die Angaben in der Spalte 6 "Summe 2008" enthalten die von den Wirtschaftsprüfern gemäß § 7 Abs. 1a AtG geprüften Werte.

#### Reststrommengen deutscher Kernkraftwerke (Stand: 31.12.2008)

Die Betreiber haben in den Jahren 2006 und 2007 zwei Anträge zur Nutzung von Reststrommengen des stillgelegten Kernkraftwerkes Mülheim-Kärlich sowie drei Anträge zur Übertragung von Strommengen von neueren auf ältere Anlagen gestellt.

Das BMU hat 2007 die beiden Anträge auf Strommengenübertragungen von Mülheim-Kärlich auf Biblis A und Brunsbüttel abgelehnt, da diese Anlagen im Atomgesetz nicht in der Liste der Kernkraftwerke aufgeführt sind, auf die das Mülheim-Kärlich-Kontingent übertragen werden kann. Das Bundesverwaltungsgericht hat mit Urteilen vom 26.3.2009 diese Rechtsauffassung und die Rechtmäßigkeit der Entscheidungen des BMU bestätigt.

Die Anträge auf Zustimmung zu Strommengenübertragungen vom Kernkraftwerk Emsland auf Biblis A, von

Neckarwestheim 2 auf Neckarwestheim 1 und vom Kernkraftwerk Krümmel auf Brunsbüttel hat das BMU in 2008 und 2009 abgelehnt. Ein Sicherheitsvergleich der beiden Anlagen hatte jeweils ergeben, dass die ältere Anlage über weniger Sicherheitsreserven verfügt als das neuere Kernkraftwerk. Auch bei diesen Zustimmungsanträgen haben die Betreiberunternehmen verwaltungsgerichtliche Klagen erhoben. In diesen Verfahren sind noch keine Urteile ergangen.

Die Details zu den den Strommengenübertragungen können der Website des BMU unter [http://www.bmu.de/atomenergie\\_sicherheit/sicherheitsfragen\\_aufsichtsverfahren/strommengenuebertragung/doc/42281.php](http://www.bmu.de/atomenergie_sicherheit/sicherheitsfragen_aufsichtsverfahren/strommengenuebertragung/doc/42281.php) entnommen werden.

# MELDEPFLICHTIGE EREIGNISSE 2008 - TEIL DER BETRIEBSERFAHRUNGEN

Reportable Events 2008 as Part of Operational Experience

Ansprechpartner:

Matthias Reiner (030 18333-1570)

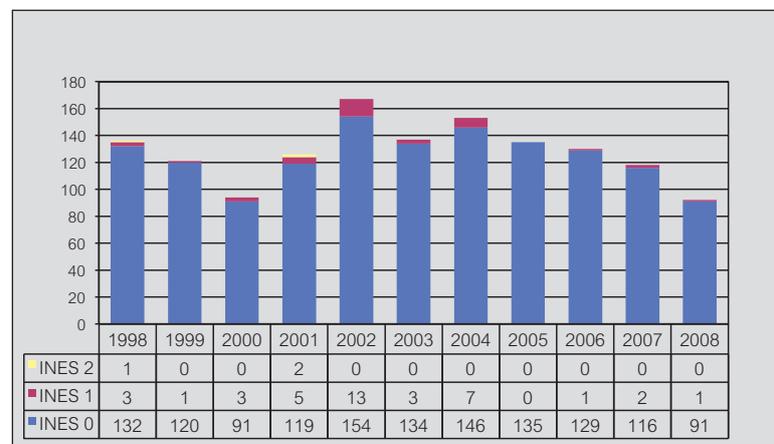
*On behalf of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), the Federal Office for Radiation Protection (BfS) performs the central registration and documentation of information on all reportable events. The BfS performs an initial evaluation of the reported events and informs all nuclear authorities of the Länder, the expert organisations, the manufacturers and the operators of nuclear power plants as well as the general public in quarterly and annual reports which contain all reportable events in nuclear power plants, research reactors and other nuclear installations. An overview is provided on those events in the last year which have to be reported to the competent authorities based on the German reporting criteria.*

In der Störfallmeldestelle des BfS werden alle meldepflichtigen Ereignisse, die in kerntechnischen Anlagen (Atomkraftwerke, Forschungsreaktoren, Anlagen der Kernbrennstoff-Versorgung und -Entsorgung) auftreten, erfasst, dokumentiert und für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ausgewertet. Diese Tätigkeiten sind ein Teil des Gesamtsystems der systematischen Erfassung und Auswertung von Betriebserfahrungen in den deutschen Kernkraftwerken. An diesem Prozess sind neben den Betreibern der Kernkraftwerke verschiedene Institutionen, Behörden, Gutachter und Fachgremien beteiligt. Eine Gesamtübersicht über den in Deutschland etablierten Prozess der Erfassung und Auswertung von Betriebserfahrungen ist im

Meldekategorie	Meldefrist
<b>S</b>	<b>Sofortmeldung</b> - Meldefrist: unverzüglich
<b>E</b>	<b>Eilmeldung</b> - Meldefrist: innerhalb von 24 Stunden
<b>N</b>	<b>Normalmeldung</b> - Meldefrist: innerhalb von 5 Werktagen
<b>V</b>	Vor Beladung des Reaktors mit Brennelementen (bei Anlagen der Kernbrennstoffver- und Entsorgung vor Inbetriebnahme der Anlage) - Meldefrist: innerhalb von 10 Werktagen

Meldekategorien und Meldefristen für meldepflichtige Ereignisse gemäß AtSMV

Bericht der Bundesregierung zur 4. Überprüfungstagung des internationalen Übereinkommens über nukleare Sicherheit enthalten (Abschnitt 19.VII ab Seite 150). Dieser Bericht ist auf der Internetseite des BfS unter <http://www.bfs.de/de/kerntechnik/cns.html> abrufbar. Die Meldung der meldepflichtigen Ereignisse aus Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen (Atomkraftwerke und Forschungsreaktoren) und den Anlagen zur Ver- und Entsorgung erfolgt nach den in der Atomrechtlichen Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung (AtSMV) festgelegten Kriterien und Meldekategorien. Es gibt vier Meldekategorien, wobei sich die Zuordnung zur Meldekategorie nach der Dringlichkeit richtet, mit der die zuständige Aufsichtsbehörde über das Ereignis informiert werden muss, um gegebenenfalls rechtzeitig Maßnahmen ergreifen zu können (s. Tabelle unten links).



Meldepflichtige Ereignisse in deutschen Kernkraftwerken 1998-2008

Neben dem behördlichen deutschen Meldeverfahren nach AtSMV erfolgt die Einstufung der meldepflichtigen Ereignisse für Zwecke der Öffentlichkeitsarbeit nach der internationalen Bewertungsskala INES – International Nuclear Event Scale. Die internationale Bewertungsskala umfasst gemäß dem gültigen Benutzerhandbuch die Stufen 0 bis 7, wobei Ereignisse mit geringer oder ohne sicherheitstechnische Bedeutung in die Stufe 0 eingeordnet werden. Die Einstufung der meldepflichtigen Ereignisse anhand der INES-Skala soll eine rasche Information der Öffentlichkeit auf der Grundlage einer international einheitlichen Darstellung der sicherheitstechnischen oder radiologischen Bedeutung von Ereignissen ermöglichen (s. <http://www.bfs.de/de/kerntechnik/ereignisse/ines.html>).

Das nachfolgende Diagramm zeigt eine Übersicht über die in den Jahren 1998 - 2008 aus den deutschen Kernkraftwerken gemeldeten meldepflichtigen Ereignisse, aufgeschlüsselt entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung in den einzelnen INES-Stufen. Ereignisse mit einer INES-Einstufung oberhalb der Stufe 2 (Störfall) sind in deutschen Kernkraftwerken bisher nicht aufgetreten.

Wie aus dem Diagramm zu entnehmen ist, wurden 2008 aus deutschen Kernkraftwerken 92 meldepflichtige Ereignisse gemeldet. Davon wurden 88 Ereignisse in

die Meldekatgorie N (Normal) und 4 Ereignisse in die Kategorie E (Eilt) eingestuft. 91 Ereignisse wurden der INES-Stufe 0 (keine oder sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung) zugeordnet. Ein Ereignis wurde in der INES-Stufe 1 (betriebliche Störung, keine radiologische Bedeutung) gemeldet.

Ein Ereignis im Kernkraftwerk Philippsburg Block 1 am 08.06.2008 wurde in der Meldekatgorie E und in der INES-Stufe 1 gemeldet. Nach der Jahresrevision und dem Brennelementwechsel wurde der Sicherheitsbehälter mit Stickstoff befüllt. Dabei trat ein Druckverlust auf. Ursache für den Druckabfall war das Vertauschen von Messleitungsanschlüssen nach Montagearbeiten. Aktivität wurde dabei nicht freigesetzt.

Drei Ereignisse wurden der Meldekatgorie E und der INES-Stufe 0 zugeordnet. Im stillgelegten Kernkraftwerk Greifswald, Block 1, wurden in zwei Fällen bei radiologischen Kontrollmessungen erhöhte Kontaminationen im Überwachungsbereich der Anlage festgestellt. Auswirkungen auf das Personal und die Umgebung traten nicht auf. Ein weiteres Ereignis der Meldekatgorie E und INES-Stufe 0 ereignete sich im Kernkraftwerk Brokdorf. Bei einer Funktionsprüfung einer Hochdruck-Förderpumpe des Volumenregelsystems kam es beim Zuschalten dieser Pumpe zu einem Kurzschluss im zugehörigen Leistungsschalter, der zum lokalen Brand mit Rauchentwicklung in der Schaltanlage führte. Da sich die Pumpe von der Warte aus nicht abschalten ließ, musste die betroffene Schiene der Notstromversorgung, von der die Pumpe versorgt wird, abgeschaltet werden. Zum gleichen Zeitpunkt war schon wegen anderer Wartungsarbeiten eine zweite Redundanz der Notstromversorgung freigeschaltet und stand nicht zur Verfügung. Für den Zeitraum der Störung (ca. 18 Minuten) standen damit nur zwei der vier Notstromschienen zur Verfügung. Der Brand wurde von der Werksfeuerwehr mit Handfeuerlöschern gelöscht.

Aus den deutschen Forschungsreaktoren mit mehr als 50 kW thermischer Dauerleistung wurden im Jahr 2008 4 (2007: 4) meldepflichtige Ereignisse gemeldet. Alle Ereignisse wurden in der Kategorie N gemeldet und in die INES-Stufe 0 eingeordnet.

Aus den Anlagen zur Kernbrennstoff-Versorgung- und -Entsorgung wurden im Jahr 2008 insgesamt 21 (2007: 20) Ereignisse erfasst. Alle 21 Ereignisse wurden in der Meldekatgorie N und in der INES-Stufe 0 gemeldet.

Über drei Ereignisse in den Kernkraftwerken Krümmel und Brunsbüttel wurde im Jahresbericht des BfS für das Jahr 2007 (Kapitel „Meldepflichtige Ereignisse“) ausführlich berichtet. Zu dem Ereignis im Kernkraftwerk Brunsbüttel (Reaktorschnellabschaltung nach einer Netzstörung) und dem Ereignis im Kernkraftwerk Krümmel (Brand des Maschinentrafos), beide ereigneten sich am 28.06.2007, liegen der Störfallmeldestelle noch keine endgültigen Ereignismeldungen vor. Das heißt, die Er-

eignisbearbeitung durch die Betreiber der Kernkraftwerke, darunter die Ursachenklärung und Festlegung der Vorkehrungen gegen Wiederholung, ist noch im Gange. Das Ereignis über die Feststellung der Verwendung der falschen Dübel für die Befestigung von Montagebühnen im Kernkraftwerk Krümmel am 09.07.2007 – vorläufig mit der Meldekatgorie E (Eilmeldung) gemeldet – wurde nach weitergehenden Analysen vom Anlagenbetreiber mit einer endgültigen Meldung im Jahr 2008 abgeschlossen und in die Meldekatgorie N (Normalmeldung) zurückgestuft.

## HANDBUCH REAKTORSICHERHEIT UND STRAHLENSCHUTZ

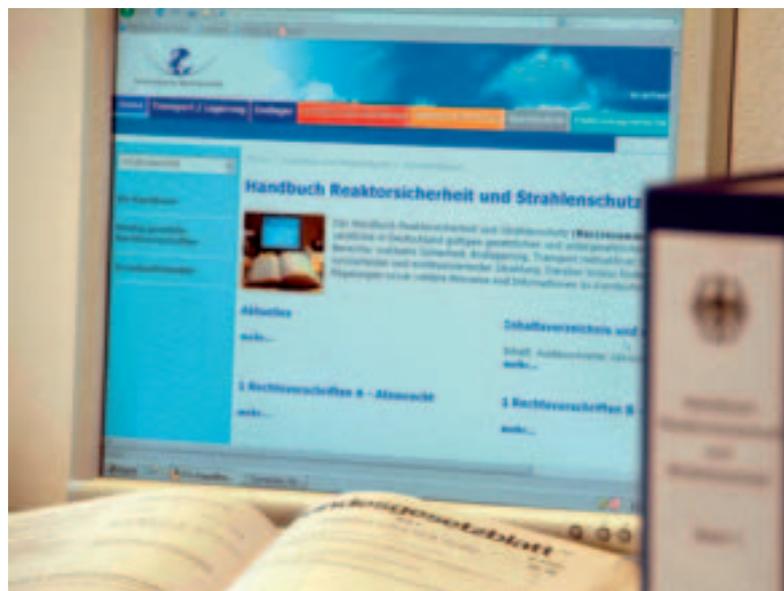
The Handbook on Nuclear Safety and Radiation Protection

Ansprechpartnerin:

Claudia Link (030 18333-1534)

*The Handbook on Nuclear Safety and Radiation Protection contains legal and sublegal regulatory documents in the field of nuclear safety, waste management and radiation protection. In addition, relevant other information is supplied. This handbook is provided as printable internet edition. Updates are introduced timely. The most important laws and other regulatory documents are also available in English translation.*

Das Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz (RSH) ist eine Sammlung der in Deutschland gültigen gesetzlichen und untergesetzlichen Regelungen für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen, die Endlagerung radioaktiver Abfälle, den Transport radioaktiver Stoffe sowie den Schutz vor ionisierender und nichtionisierender Strahlung. Zudem enthält das Handbuch internationale Regelungen sowie Hinweise und Informationen zu Kerntechnik und Strahlenschutz.



Das Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz im Internet

Diese Dokumentation wird als druckfähige Webfassung auf den Internetseiten des BfS angeboten (<http://www.bfs.de/de/bfs/recht/rsh>). Dies ermöglicht ein breites Informationsangebot sowie eine zeitnahe Aktualisierung.

Das Handbuch ist in 6 Kapitel gegliedert. In Kapitel 1 stehen die allgemein verbindlichen nationalen Gesetze und Verordnungen. Hier finden sich beispielsweise die vollständigen Texte des Atomgesetzes und des Strahlenschutzvorsorgegesetzes sowie aller zugehörigen Verordnungen. Das Kapitel 1 enthält außerdem das bindende Recht der Europäischen Union sowie die allgemein verbindlichen Vereinbarungen und Abkommen, die Deutschland mit anderen Staaten getroffen hat.

Im Kapitel 2 finden sich die für Behörden verbindlichen Allgemeinen Verwaltungsvorschriften (AVV). Dies sind Anweisungen, die innerhalb der Verwaltungsorganisation von übergeordneten Instanzen unmittelbar an die nachgeordneten Behörden gerichtet sind, um einen einheitlichen Vollzug von Rechtsvorschriften sicherzustellen. Sie binden im Regelfall nur die Verwaltung und entfalten keine direkte Außenwirkung gegenüber den Bürgern.

Die folgenden Kapitel des Handbuchs enthalten nicht rechtsverbindliche Regelungen, die aber durch Übernahme in Genehmigungen bzw. durch Maßnahmen der Aufsicht für den Adressaten verbindlich werden.

Kapitel 3 umfasst die Bekanntmachungen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Diese beinhalten wichtige Texte für die Praxis der atomrechtlichen Genehmigung und Aufsicht von kerntechnischen Anlagen, zum Beispiel die Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke, die Richtlinie für die Emissions- und Immissionsüberwachung von kerntechnischen Anlagen und die Regelungen für die Fachkunde des Kernkraftwerkspersonals. Daneben gibt es Bekanntmachungen des BMU, die die Durchführung von Rechtsvorschriften im Bereich Strahlenschutz konkretisieren.

In Kapitel 4 des Handbuchs sind weitere relevante Vorschriften und Regelungen aufgelistet, die keiner der vorgenannten Kategorien zuzuordnen sind.

Kapitel 5 verweist auf die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA-Regeln), die eine einheitliche Meinung von Herstellern, Betreibern, Gutachtern und Behörden widerspiegeln.

Empfehlungen und Stellungnahmen von wichtigen Beratungsgremien aus den Bereichen Kerntechnik und Strahlenschutz, zum Beispiel der Reaktor-Sicherheitskommission und der Strahlenschutzkommission, sind im Kapitel 6 zu finden.

Der Anhang des Handbuchs enthält weitere nützliche Informationen. Sie umfassen unter anderem Hinweise

auf DIN-Normen, Angaben zu den atomrechtlich zuständigen Behörden bei Bund und Ländern, Auflistungen der derzeit betriebenen oder bereits stillgelegten kerntechnischen Anlagen und Angaben über Anfall und Bestand radioaktiver Abfälle. Außerdem findet sich hier ein Teil der Gesetze und Regelwerkstexte in englischer Sprache.

## WEITERENTWICKLUNG PERIODISCHER SICHERHEITSÜBERPRÜFUNGEN AUF INTERNATIONALER EBENE

Further Development of Periodic Safety Reviews on the International Level

Ansprechpartner:

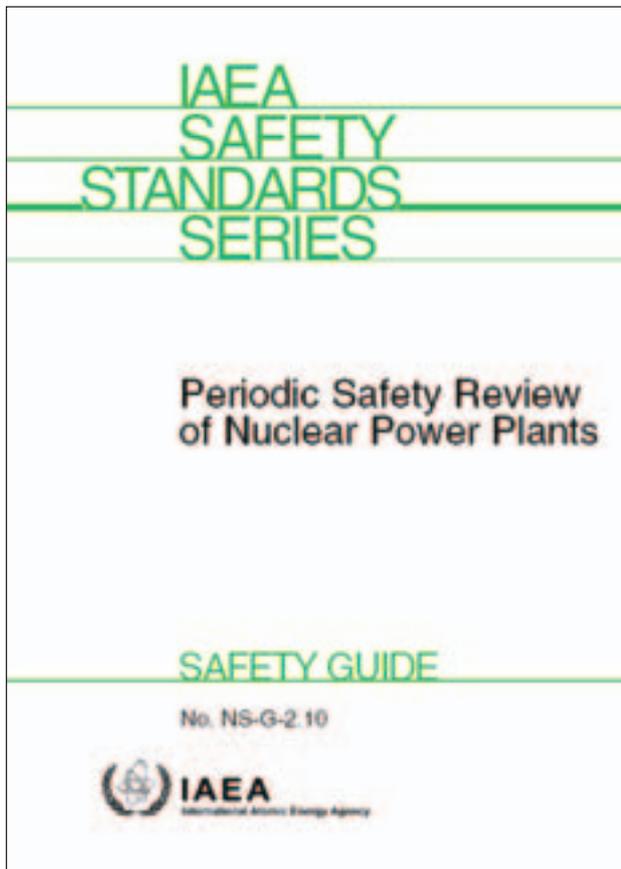
Heinz-Peter Berg (030 18333-1501)

*Periodic safety reviews (PSR) as an additional regulatory tool to enhance the safety level of nuclear power plants are performed in many countries, in particular in the European Community, Eastern Europe and Asia. The Safety Guide on PSR, issued by the International Atomic Energy Agency (IAEA), is used in most countries as a reference document or will be directly implemented in national regulations by translation in the national language. Based on experiences with the application of the PSR safety guide and as results of IAEA missions in the field of PSR, a revision of this guide has been started in 2008.*

Basierend auf den Erfahrungen aus dem Reaktorunfall in Tschernobyl wurde in der Diskussion der zum Betreiben von Kernkraftwerken notwendigen Sicherheitskultur Anfang 1990 in Deutschland und auf internationaler Ebene über die Einführung eines weiteren Instrumentes nachgedacht, das als Ergänzung zur laufenden Aufsichtstätigkeit, insbesondere auch für ältere Kernkraftwerke, von Bedeutung ist. Dieses Instrument beinhaltet eine ganzheitliche und systematische sicherheitstechnische Beurteilung eines Kernkraftwerks unter Berücksichtigung der kraftwerksspezifischen Betriebserfahrungen über einen Zeitraum von zehn Jahren.

So wurde auch in der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) die Idee einer periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ), u. a. auf der Basis der in Deutschland bereits vorliegenden Entwürfe der PSÜ-Leitfäden, entwickelt. Der 1994 im Rahmen der Nuclear Safety Standards der IAEA veröffentlichte Safety Guide (Leitfaden) hatte das Ziel, Anleitung zur Durchführung einer PSÜ zu geben. Aufgrund der Erfahrungen mit ersten durchgeführten periodischen Sicherheitsüberprüfungen in einer Reihe von Mitgliedsländern wurde dieser IAEA-Leitfaden überarbeitet und im August 2003 neu herausgegeben (Abb. auf Seite 55 oben). Die Erarbeitung dieser Leitfäden der IAEA hat das BfS aktiv mitgestaltet.

Der Grundgedanke einer einheitlichen Vorgehensweise in den Mitgliedsländern der IAEA wurde auch bei der



#### IAEA-Leitfaden zur periodischen Sicherheitsüberprüfung

Neustrukturierung der Dokumente der Internationalen Atomenergiebehörde umgesetzt. Die Dokumente sind hierarchisch geordnet (Abb. rechts).

Die Sicherheitsgrundsätze umfassen zehn Sicherheitsprinzipien, u. a. das Prinzip „Verhinderung von Störfällen“. Auf der Basis dieser Sicherheitsprinzipien werden Sicherheitsanforderungen entwickelt, die von allen Mitgliedsländern eingehalten werden müssen. Empfehlungen, wie die Sicherheitsanforderungen erfüllt werden können, sind im Leitfaden als unterstes Element der Dokumentenpyramide beschrieben.

In den Sicherheitsanforderungen zum Betrieb von Kernkraftwerken wird mit Bezug auf das oben genannte Sicherheitsprinzip ausgeführt, dass systematische Sicherheitsüberprüfungen der Anlage durch den Betreiber während der Betriebszeit, auf der Basis behördlicher Vorgaben und beurteilt durch die Behörde, durchgeführt werden müssen und dass eine umfassende periodische Sicherheitsüberprüfung diese Anforderung erfüllt. Der oben genannte Leitfaden zur PSÜ konkretisiert die Vorgehensweise zur Planung und Durchführung einer PSÜ.

Als Vorgehensweise wird in diesem Leitfaden vorgeschlagen, die zu untersuchenden Themenbereiche in Form von Sicherheitsfaktoren (z. B. Alterung, Auswertung von Erfahrungen anderer Kernkraftwerke weltweit, Vergleich der aktuellen Betriebsparameter der Anlage wie Druck und Temperatur mit den in der Auslegung zugrunde gelegten Organisation) zu definieren.

Inzwischen sind weltweit viele periodische Sicherheitsüberprüfungen durchgeführt worden (in vielen Ländern aufgrund gesetzlicher Grundlagen wie in Deutschland seit 2002, z. T. auf freiwilliger Basis), auch z. B. in Slowenien und Spanien, die sich ansonsten stark am amerikanischen Regelwerk orientieren, da in diesen Ländern Kernkraftwerke amerikanischer Bauart errichtet wurden.

Auch ursprünglich der PSÜ eher zurückhaltend gegenüberstehende Länder wie z. B. Japan und Kanada sehen inzwischen die PSÜ als ein wichtiges Instrument zur Beurteilung der Sicherheit an, sowohl seitens des Betreibers als auch seitens der Behörde.

Insgesamt lässt sich auf internationaler Ebene feststellen, dass die Ergebnisse der PSÜ zu einer Vielzahl von technischen Nachrüstmaßnahmen (z. B. zusätzliche unabhängige Energieeinspeisung, Verbesserung der technischen Brandbekämpfungseinrichtungen, stabilere Verankerung von Komponenten gegen Erdbeben) und administrativen Änderungen (klarere Beschreibung der durchzuführenden Prozeduren, Einführung von Managementsystemen zur Instandhaltung, Qualitätssicherung und Alterung) geführt haben.



#### Hierarchie der Dokumente der Internationalen Atomenergiebehörde

PSÜ werden in den meisten Ländern Osteuropas und Asiens (Korea, China) durchgeführt bzw. sind geplant. Dabei wird der IAEA-Leitfaden als Referenzdokument angesehen oder direkt (in die Landessprache übersetzt) in das nationale Regelwerk aufgenommen. Daher ist eine möglichst klare und spezifizierte Anleitung und eine Festlegung des notwendigen Prüfumfanges im IAEA-Dokument erforderlich.

Die praktischen Erfahrungen bei der Anwendung des Leitfadens zur PSÜ und die Ergebnisse durchgeführter IAEA-Missionen, an denen in vielen Fällen auch das BfS beteiligt war, haben gezeigt, dass der Leitfaden überarbeitet und klarer strukturiert werden muss. Außerdem soll die Öffnung des Dokuments für andere Ansätze als die oben beschriebene Sicherheitsfaktormethode ver-

deutlich werden. Der aktuelle Leitfaden konzentriert sich auf die Durchführung einer ersten PSÜ; daher sollen Hinweise auf nachfolgende PSÜ ergänzt werden. Im überarbeiteten Leitfaden soll vor dem Hintergrund der kürzlich veröffentlichten IAEA-Sicherheitsanforderungen an Managementsysteme für die Sicherheit ein entsprechender Sicherheitsfaktor eingeführt werden.

Zur Vorbereitung dieser Überarbeitung, die im Jahr 2008 begonnen hat und in die auch das BfS eingebunden ist, wurden einerseits die notwendigen Änderungs- und Ergänzungspunkte (z. B. das Vorgehen bei einer zweiten PSÜ) identifiziert sowie andererseits ein technisches Dokument fertiggestellt, das als konkrete Hilfestellung für die Einführung einer periodischen Sicherheitsüberprüfung mit praktischen Erfahrungen aus verschiedenen Mitgliedsländern dienen soll. Dazu gehören Hinweise zur Bewertung des aktuellen Anlagenzustandes und der Effizienz des Sicherheitsmanagementsystems, aber auch Konkretisierungen der notwendigen vorzulegenden Dokumente für eine periodische Sicherheitsüberprüfung sowie die Aufgaben von Betreibern und Behörden.

Die Teilnahme Deutschlands an den PSÜ-Aktivitäten ist für die IAEA insofern von besonderer Bedeutung, da für alle Kraftwerke in Deutschland die erste PSÜ vorliegt



Chairman des Expertentreffens war Dr. Berg aus dem BfS.

und diese nach eigenen Leitfäden – anders strukturiert und spezifizierter als die IAEA-Leitfäden – durchgeführt wurden.

Für das BfS sind die praktischen Erfahrungen der anderen Teilnehmer für die eigenen Arbeiten, z. B. bei der Aktualisierung der Dokumente für die deterministische Sicherheitsanalyse, von Bedeutung, aber auch die Diskussion, ob eine zweite PSÜ analog der ersten PSÜ durchgeführt wird oder ob andere Schwerpunkte zu setzen sind.

Ein erster Entwurf des überarbeiteten Leitfadens wurde im Rahmen eines Technischen Meetings (10. - 14. November 2008) diskutiert, das auf Vorschlag der IAEA vom BfS geleitet wurde. An diesem Technical Meeting nahmen 35 Experten aus 17 Ländern teil, u. a. auch aus der Russischen Republik und den USA. Insgesamt 13 der vertretenen Länder verwenden dabei den von der IAEA vorgeschlagenen Ansatz mit den Sicherheitsfaktoren. Dabei erläuterte der russische Vertreter, dass die PSÜ jetzt auch in Russland eingeführt werden sollte. Da Kanada in diesem Jahr erstmals eine so genannte integrierte Sicherheitsüberprüfung auf der Basis des IAEA-Leitfadens durchführt, sind die USA das einzige Mitgliedsland mit einer großen Zahl von Kernkraftwerken, das keine PSÜ plant, da die amerikanische Genehmigungsbehörde aufgrund der Vielzahl an laufenden Programmen seine vorhandenen behördlichen Instrumente als ausreichend ansieht, auch wenn das Merkmal der integralen, umfassenden Sicherheitsüberprüfung der Anlage zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht erfüllt wird.

Die Ergebnisse dieses Technical Meeting werden in die Überarbeitung des IAEA-Leitfadens zur PSÜ einfließen, die 2009 fortgesetzt wird. Außerdem regte das Technical Meeting einen regelmäßigen Austausch über die Erfahrungen mit der Durchführung der PSÜ, aber auch über deren Ergebnisse an. Dazu wurde die IAEA gebeten zu prüfen, ob eine Datenbank für die Erfahrungen mit der PSÜ eingerichtet werden kann.

# ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

Management of Radioactive Wastes

## TRANSPORT UND ZWISCHENLAGERUNG VON RADIOAKTIVEN ABFÄLLEN UND KERN- BRENNSTOFFEN

Transport and Interim Storage of Radioactive Waste and Nuclear Fuels

Ansprechpartner:

Diethardt Hofer (030 18333-1700)  
Frank Nitsche (030 18333-1770)

*In Germany the Federal Office for Radiation Protection (BfS) is the competent authority for issuing interim storage approvals of spent fuel elements as well as shipment approvals and package design approvals in the field of the safe transport of radioactive material. The spent fuel elements from the operation of power and research reactors are kept in central and decentralised interim storage facilities. In 2008 the BfS dealt with approval amendments of interim storage facilities. One of the main tasks in the field of transport was the special shipment approval procedure for the transport of large components in connection with the decommissioning of nuclear power plants on inland waterways through Germany and the approval procedure for the shipment of high level vitrified waste from France to Germany. In addition, the BfS issued 125 approvals for the shipment of nuclear fuels and large sources and 20 package design approval certificates.*

Kernbrennstoffe, insbesondere bestrahlte Brennelemente aus dem Betrieb von Leistungs- und Forschungsreaktoren werden in der Bundesrepublik Deutschland in den zentralen Zwischenlagern Transportbehälterlager Ahaus, Transportbehälterlager Gorleben und dem Zwischenlager Nord in der Nähe von Greifswald sowie in dezentralen Zwischenlagern an den Standorten von Kernkraftwerken und dem AVR-Behälterlager Jülich bis zur Inbetriebnahme eines Endlagers für Wärme entwickelnde Abfälle aufbewahrt. Das BfS ist die zuständige Genehmigungsbehörde für die Aufbewahrung der Kernbrennstoffe gemäß § 6 Atomgesetz. Für die Genehmigung der Zwischenlagerung hat das BfS den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik zugrunde gelegt und nach den Ereignissen vom 11. September 2001 auch den gezielt herbeigeführten Absturz eines großen Passagierflugzeuges berücksichtigt. In Betrieb sind derzeit 3 zentrale Zwischenlager, 12 dezentrale Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten sowie das AVR-Behälterlager in Jülich. Beantragt ist die Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen in einem weiteren Standort-Zwischenlager in Obrigheim.

### Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in zentralen und dezentralen Zwischenlagern

Die bestandskräftige Genehmigung für die Aufbewahrung radioaktiver Stoffe im **Transportbehälterlager Ahaus**

umfasst die Aufbewahrung bestrahlter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken in Behältern verschiedener CASTOR-Bauarten auf 370 Stellplätzen sowie die Lagerung ausgedienter Kugelbrennelemente aus dem stillgelegten Thorium-Hochtemperatur-Reaktor in Hamm-Uentrop und bestrahlter Brennelemente aus dem stillgelegten Rossendorfer Forschungsreaktor in 323 kleineren CASTOR-Behältern auf weiteren Stellplätzen. Die Schwermetallmasse ist auf 3.960 t begrenzt. Am 20.12.2006 haben die Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS) und die Brennelemente-Zwischenlager Ahaus GmbH (BZA) einen Antrag auf Aufbewahrung von hochdruckkompaktierten radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung bei der AREVA NC (vormals COGEMA) in La Hague in Transport- und Lagerbehältern der Bauart TGC36 gestellt. Nach den Planungen der Stromversorgungsunternehmen sollen frühestens ab 2011 bis zu 150 Behälter eingelagert werden. Am 4.7.2008 sind mit der 4. Änderungsgenehmigung eine geänderte Lagerbelegung und weitere technische Änderungen, z. B. der Verschluss der Lüftungsöffnungen der gesamten Lagerhalle, genehmigt worden. Der Verschluss der Lüftungsöffnungen steht im Zusammenhang mit der Reduzierung von Feuchtigkeit in der Lagerhalle. Die geänderte Lagerbelegung ist eine Forderung aus dem Bereich der Anlagensicherung. Am 22.12.2008 wurde die 5. Änderungsgenehmigung zur Änderung von Sicherungseinrichtungen erteilt.

Im Jahr 1983 wurde die Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen in einem Umfang von maximal 1.500 t Uran im **Transportbehälterlager Gorleben** genehmigt. Im Jahr 1995 wurde die Genehmigung auf eine Schwermetallmasse von maximal 3.800 t erweitert. Gleichzeitig erhielt das TBL Gorleben die Erlaubnis, neben abgebrannten Brennelementen auch hochradioaktive Abfälle (HAW-Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken aufzubewahren. Die Genehmigung umfasst 420 Stellplätze.

Am 23.05.2007 wurde eine 3. Änderungsgenehmigung erteilt. Diese Genehmigung erlaubt im Zwischenlager Gorleben die Nutzung der neuen Behälterbauart TN85 für die Aufbewahrung von hochradioaktiven Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente bei der AREVA NC in Frankreich, deren Einlagerung – wenn auch mit einer geringeren Wärmeleistung je Behälter – bereits vor der Erteilung der 3. Änderungsgenehmigung gestattet war. Außerdem erlaubt diese Behälterbauart infolge verbesserter Abschirmung, dass alle 28 Kokillen in einem Behälter TN85 mit dem maximal genehmigten HAW-Inventar der AREVA-Spezifikation beladen werden können und somit auch mit der maximalen Wärmeleistung und Strahlungsquellstärke, was bis zur Erteilung der 3. Änderungsgenehmigung nur bei einer reduzierten Beladung mit 20 Kokillen im

Behälter möglich war. Im Rahmen weiterer Änderungsverfahren wurde die Prüfung der Genehmigungsvoraussetzung für den Behälter CASTOR HAW28M (ebenfalls für 28 Glaskokillen mit 56 kW) fortgesetzt. Die Rückführung der Glaskokillen nach Deutschland, bedingt durch die Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente im Ausland, ist durch internationale Verträge der Bundesrepublik Deutschland mit der Republik Frankreich abgesichert.

In der Deutsch-Französischen Koordinierungsgruppe für die Rückführung ist festgelegt worden, dass die Rückführung der verbleibenden insgesamt 22 Behälter mit HAW-Glaskokillen der AREVA NC in den Jahren 2010 und 2011 erfolgen soll. 2009 findet kein Transport statt, da für die einzusetzenden Behälter vom Typ CASTOR HAW 28M die Zulassungsvoraussetzungen nicht rechtzeitig nachgewiesen werden konnten. Voraussichtlich ab 2013 sollen insgesamt 21 Behälter mit HAW-Glaskokillen aus Großbritannien beladen werden.

Im **Zwischenlager Nord** auf dem ehemaligen Kernkraftwerksgelände in Lubmin ist seit 1999 die Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen und sonstigen radioaktiven Stoffen aus dem ehemaligen Kernkraftwerk Greifswald und dem zugehörigen Zwischenlager für abgebrannten Brennstoff sowie aus dem früheren Kernkraftwerk Rheinsberg im Umfang von 585 t auf maximal 80 Behälterstellplätze genehmigt. Am 17.12.2008 wurde die 5. Änderungsgenehmigung zur Änderung und Ergänzung von Sicherungsanlagen erteilt. Folgende Änderungsanträge befanden sich Ende 2008 in der Prüfung:

- Aufbewahrung von vier Behältern der Bauart CASTOR KNK mit bestrahlten und unbestrahlten Brennstäben. Der Behälter CASTOR KNK ist vergleichbar mit dem bereits für das TBL Ahaus und das AVR-Behälterlager genehmigten Behälter CASTOR THTR/AVR.
- Aufbewahrung von fünf Behältern der Bauart CASTOR HAW 20/28 CG SN 16 einschließlich Inventar mit HAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (VEK-Kokillen). Der Behälter CASTOR HAW 20/28 CG SN 16 ist identisch mit dem bereits für das TBL Gorleben genehmigten Behälter CASTOR HAW 20/28 CG SN16. Die Aufbewahrung wurde vom BfS am 24.02.2008 genehmigt.

Im 1993 genehmigten **AVR-Behälterlager Jülich** dürfen insgesamt maximal 300.000 Brennelementkugeln aus dem stillgelegten AVR-Reaktor in Behältern der Bauart CASTOR THTR/AVR aufbewahrt werden. Die Beladung eines Behälters erfolgt mit bis zu 1.900 Brennelement-, Absorber- und Moderatorokugeln. Im Hinblick darauf, dass möglicherweise eine über den 30.06.2013 hinausgehende weitere Zwischenlagerung im AVR-Behälterlager erforderlich ist, wurde am 26.06.2007 vorsorglich eine Verlängerung der bestehenden Aufbewahrungsgenehmigung beantragt.

Bis Ende 2003 wurden die Anträge für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in den Standort-Zwischenla-

Standort-Zwischenlager (SZL)	Erteilung der 1. Genehmigung nach § 6 AtG	Masse SM [Mg]	Stellplätze gesamt (Ende 2008 belegt)	Baubeginn	Inbetriebnahme
SZL Biblis	22.09.2003	1400	135 (41)	01.03.2004	18.05.2006
SZL Brokdorf	28.11.2003	1000	100 (6)	05.04.2004	05.03.2007
SZL Brunsbüttel	28.11.2003	450	80 (6)	07.10.2003	05.02.2006
SZL Grafenrheinfeld	12.02.2003	800	88 (10)	22.09.2003	27.02.2006
SZL Grohnde	20.12.2002	1000	100 (12)	10.11.2003	27.04.2006
SZL Gundremmingen	19.12.2003	1850	192 (17)	23.08.2004	25.08.2006
SZL Isar	22.09.2003	1500	152 (12)	14.06.2004	12.03.2007
SZL Krümmel	19.12.2003	775	80 (14)	23.04.2004	14.11.2006
SZL Lingen	06.11.2002	1250	125 (24)	18.10.2000	10.12.2002
SZL Neckarwestheim	22.09.2003	1600	151 (27)	17.11.2003	06.12.2006
SZL Philippsburg	19.12.2003	1600	152 (26)	17.05.2004	19.03.2007
SZL Unterweser	22.09.2003	800	80 (3)	19.01.2004	18.06.2007

#### Übersicht über die in Betrieb befindlichen Standort-Zwischenlager für abgebrannte Kernbrennstoffe

gern Biblis, Brokdorf, Brunsbüttel, Grafenrheinfeld, Grohnde, Gundremmingen, Isar, Krümmel, Lingen, Neckarwestheim, Philippsburg und Unterweser in einem ersten Genehmigungsschritt beschieden. Bis Mitte des Jahres 2007 haben alle bisher genehmigten dezentralen Zwischenlager mit der ersten Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern ihren Betrieb aufgenommen. Einen Überblick über die in Betrieb befindlichen Standort-Zwischenlager gibt die Tabelle oben.

In den Genehmigungsverfahren zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen waren von den Antragstellern weitere Ergänzungen der Genehmigungen beantragt worden. Im Zeitraum nach Genehmigungserteilung wurden zudem einige Anträge auf Änderung der Aufbewahrungsgenehmigungen gestellt. Im Jahr 2008 wurden nach Abschluss der entsprechenden Prüfungen insgesamt 4 Änderungsgenehmigungen erteilt. Die Neuanträge auf Änderung der Aufbewahrungsgenehmigungen beliefen sich im Jahr 2008 auf insgesamt 7. Unter anderem wurden für fünf Standort-Zwischenlager Modifikationen des Transport- und Lagerbehälters der Bauart CASTOR V/19 sowie umfangreiche Inventaranpassungen beantragt, die im Wesentlichen die Aufbewahrung einer höheren Anzahl von Mischoxid-Brennelementen je Behälter ermöglichen sollen. Zeitnah erwartet werden Änderungsanträge zu diesem Sachverhalt für weitere Standort-Zwischenlager sowie Anträge zur Aufbewahrung weiterer Brennelementtypen. Die Prüfungen der Neuanträge wurden eingeleitet. Unter anderem wird festzustellen sein, ob die beantragten Änderungen einer Umweltverträglichkeitsprüfung bedürfen.

Seit dem 22.4.2005 liegt dem Bundesamt für Strahlenschutz ein Antrag zur Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Obrigheim, das bereits im Mai 2005 außer Betrieb gegangen ist, in einem **Standort-Zwischenlager Obrigheim** vor. Antragstellerin ist die EnBW Kernkraft GmbH (EnKK). Die Aufbewahrung der 342 Brennelemente soll in 15 Transport- und Lagerbehältern der Bauart CASTOR 440/84 mVc in einer Lagerhalle aus Stahlbeton mit Verlade- und Lagerbe-

reich auf dem Gelände des Kernkraftwerkes Obrigheim erfolgen. Die beantragte Aufbewahrungszeit beträgt 40 Jahre ab Einlagerung des ersten Behälters.

Auf der Grundlage des Umhausungskonzepts für die Interimslager hatte die Antragstellerin zunächst die Aufbewahrung der Behälter liegend unter einzelnen Betonumhausungen beantragt. Das BfS hatte aus Sicherheitsgründen Bedenken gegen den damit betriebenen Systemwechsel und das BMU um Überprüfung durch die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) gebeten. Die RSK hatte in ihrer Stellungnahme vom 12.04.2007 festgestellt, dass der Antrag der EnKK die Grundsätze der sicherheitstechnischen Leitlinien für Zwischenlager in einzelnen Punkten nicht erfüllte. Im Oktober 2007 änderte die EnKK daraufhin das Konzept hin zur stehenden Lagerung der Behälter in einer Stahlbetonhalle, konzeptionell entsprechend den bereits bestehenden Standort-Zwischenlagern.

Derzeit lagern die Brennelemente in einem Nasslager am Standort. Da dieses die anstehenden Rückbauarbeiten des Kernkraftwerkes Obrigheim behindert, ist die trockene Lagerung der Brennelemente in dem beantragten autark zu betreibenden Standort-Zwischenlager vorgesehen.

Das Vorhaben unterliegt der Pflicht zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung im Genehmigungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung. Im März 2008 erfolgte aufgrund des geänderten Aufbewahrungskonzepts ein wiederholter Scoping-Termin unter Einbeziehung betroffener Behörden und Verbände zur Klärung des erforderlichen Umfangs und Inhaltes der Umweltverträglichkeitsuntersuchung. Das Öffentlichkeitsbeteiligungsverfahren wurde nach Vorlage auslegungsfähiger Antragsunterlagen am 30.4.2008 durch Bekanntmachung des Vorhabens im Bundesanzeiger und in der örtlichen Presse eingeleitet. Die öffentliche Auslegung der Unterlagen fand vom 8.5. bis zum 7.7.2008 im Rathaus der Gemeinde Obrigheim sowie im BfS am Standort Salzgitter statt. In diesem Rahmen erhielten die Bürgerinnen und Bürger Gelegenheit, ihre Einwendungen zum Vorhaben schriftlich vorzutragen. Bis zum Ende der Einwendungsfrist am 7.7.2008 gingen Einwendungen von 897 Personen ein. Weitere 85 Personen hatten ihre Einwendungen verspätet eingereicht; diese waren jedoch inhaltlich identisch mit den fristgerecht eingegangenen Einwendungen.

Von 8.10. bis 10.10.2008 fand im Kultur- und Tagungszentrum „Alte Mälzerei“ in Mosbach die **Erörterung der Einwendungen zum beantragten Standort-Zwischenlager Obrigheim** statt. Neben der Antragstellerin waren Vertreter des Umweltministeriums Baden-Württemberg, der Stadt Mosbach und des Landratsamtes Neckar-Odenwald-Kreis sowie Mitarbeiter des BMU und der vom BfS zur Prüfung des Antrags beauftragten Gutachterorganisationen anwesend. Seitens der Einwenderinnen und Einwender nahmen ca. 40 Personen teil. Darüber hinaus fanden sich etwa weitere 10 Besucher ein. Der Ablauf des Erörterungstermins orientierte sich an einer Tagesordnung entsprechend den thematischen Schwerpunkten der Einwendungen. Von besonderem Interesse waren die folgenden Themen:

- Dauer der Lagerung am Standort im Zusammenhang mit dem Entsorgungskonzept der Bundesregierung.
- Sicherheitskonzept (Diversität und Redundanz) sowie Sicherheitseinrichtungen des Lagers im Hinblick auf die Rückhaltung ausgetretener radioaktiver Stoffe durch die Lüftungsöffnungen.
- Behälterlangzeitsicherheit und Transportfähigkeit der Behälter nach Ablauf der geplanten Lagerdauer oder nach Störfällen, verbunden mit der Forderung nach einer „Heißen Zelle“ im Reparaturkonzept.
- Vorsorge gegen Terrorereignisse.
- Krebsrisiko in der Umgebung von Kernanlagen.

Die Einwenderinnen und Einwender und ihre Sachbeistände hatten sich mit bemerkenswertem Tiefgang auf die Diskussion der Sachfragen vorbereitet. Das Ziel der Genehmigungsbehörde, den Kern der jeweiligen Einwendung zu erfassen und im Wortprotokoll zur Berücksichtigung bei den nachfolgenden Prüfungen zu dokumentieren, wurde erreicht. Das Verfahren wird mit der Prüfung der Antragsunterlagen fortgesetzt.



**Erörterungstermin zum Standort-Zwischenlager Obrigheim, Mosbach, 8. - 10. Oktober 2008**

#### **Die aktuelle Rechtsprechung zu Aufbewahrungsgenehmigungen**

Bis Ende 2003 wurden Genehmigungen zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in 12 Zwischenlagern an den Standorten der Kernkraftwerke erteilt. Gegen einen Großteil dieser Genehmigungen haben Anwohner der Standortgemeinden Klagen vor den jeweils zuständigen Oberverwaltungsgerichten erhoben. Schwerpunkt der Klagen war insbesondere, ob durch die Genehmigungen der erforderliche Schutz gegen Terrorereignisse gewährleistet sei.

Die vor dem Verwaltungsgerichtshof (VGH) München erhobenen Klagen wurden bereits zurückgewiesen.

Der VGH München ist in seinen hierzu ergangenen Urteilen aus dem Jahr 2006 (u. A. Az.: 22 A 03.40048; 22 A 03.40019; 22 A 04.40010; 22 A 04.40016) jeweils zu dem

Ergebnis gelangt, dass sämtliche Voraussetzungen für die Erteilung einer Genehmigung zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen vorliegen. Insbesondere hat das Gericht bestätigt, dass die Sicherheit der Aufbewahrung gewährleistet ist und dass – auf Grund der zutreffenden Bewertung des BfS – der erforderliche Schutz gegen Terror Szenarien gewährleistet ist. Gegen die klageabweisenden Urteile des VGH München hatten einige Kläger Nichtzulassungsbeschwerde beim Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) in Leipzig eingelegt, die jedoch vom BVerwG zurückgewiesen wurde.

Das Oberverwaltungsgericht Schleswig ist im Gegensatz zum VGH München in seinen Entscheidungen inhaltlich nicht auf die Fragestellung eingegangen, ob die angefochtenen Genehmigungen für Zwischenlager tatsächlich den Anforderungen genügen, die zum Schutz vor terroristischen Anschlägen einzuhalten sind, da es der Auffassung war, dass Dritte eine gerichtliche Überprüfung des Schutzniveaus gegen Terroranschläge nicht verlangen können. Die Verpflichtung, den erforderlichen Schutz gegen Störmaßnahmen zu gewährleisten, bestand nach Auffassung des Gerichts zumindest hinsichtlich der diskutierten Terror Szenarien nur im allgemeinen Interesse und bezweckte nicht den Schutz Einzelner. Es hat daher die Klagen von Anwohnern im Januar 2007 durch Urteile zurückgewiesen (Az.: 4 KS 2/04; 4 KS 6/04). Hiergegen legten Anlieger aus der Nachbarschaft des Standort-Zwischenlagers Brunsbüttel Revision beim BVerwG ein.

Das BVerwG hatte in diesem Revisionsverfahren vor allem über die grundsätzliche Frage zu entscheiden, ob Dritte (Anwohner, Nachbarn) einen Anspruch auf Einhaltung eines bestimmten Schutzniveaus gegen Terrorangriffe gerichtlich geltend machen können.

Mit Urteil vom 10.04.2008 (Az.: 7 C 39.07) hat das BVerwG die Entscheidung des OVG Schleswig aufgehoben und an das OVG Schleswig zur erneuten Verhandlung zurückverwiesen. Es hat damit die Auffassung der Kläger bestätigt, dass Dritte einen Anspruch auf gerichtliche Überprüfung der Schutzmaßnahmen gegen Terror- und Sabotageakte haben. Ein Schutzanspruch Drittbetroffener auf Schadensvorsorge gegen terroristische Anschläge wie einen gezielten Flugzeugabsturz auf das Zwischenlager oder einen Beschuss der Castorbehälter mit panzerbrechenden Waffen besteht nach Einschätzung des BVerwG unter der Voraussetzung, dass solche Ereignisse nicht dem Bereich des Restrisikos zugeordnet werden dürfen. Das so genannte Restrisiko ist als unentwinnbar hinzunehmen, weil seine Realisierung nach dem Stand von Wissenschaft und Technik praktisch ausgeschlossen erscheint, während bereits eine entfernte Wahrscheinlichkeit des Eintritts von Risiken die staatliche Schutzpflicht auslöst und damit Teil der erforderlichen Schadensvorsorge ist. So gehört auch die Überprüfung des Szenarios gezielter Absturz eines großen Verkehrsflugzeugs nach Auffassung des BfS zu der erforderlichen Schadensvorsorge und wird dementsprechend in Genehmigungsverfahren untersucht.

Die Frage der Abgrenzung des Restrisikos von der erforderlichen Vorsorge ist Gegenstand eines Rundschreibens des BMU vom 15.07.2003 (Az: RSI 3-10100/0), welches in dem o. g. Urteil durch das BVerwG in Bezug genommen wurde und in Kapitel 3.79 des RS-Handbuchs veröffentlicht ist.

Die Frage, ob die erforderlichen Schutzmaßnahmen für das Zwischenlager in Brunsbüttel getroffen sind, ist in einer weiteren Verhandlung durch das erstinstanzlich zuständige OVG Schleswig nach den Vorgaben des BVerwG zu klären. Die Entscheidung des Oberverwaltungsgerichts Schleswig steht derzeit noch aus.

In Fachgesprächen zwischen BfS und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wird derzeit unter anderem das Erfordernis der Schaffung einer Rechtsverordnung diskutiert, in der – ähnlich wie in der bereits existierenden Strahlenschutzverordnung – die Anforderungen in Gestalt einer Verordnung festgelegt werden, unter welchen Voraussetzungen der erforderliche Schutz gegen Störungen und sonstige Einwirkungen Dritter als gewährleistet angesehen werden kann. Das BfS spricht sich hierbei für den Erlass einer solchen Rechtsverordnung aus, in der klare Maßstäbe zum Schutz von Bürgern nach den neuesten internationalen Vorgaben getroffen sein sollen.

Mit Datum vom 12. November 2008 (Az.: 1 BvR 2456/06) hat das Bundesverfassungsgericht (BVerfG) beschlossen, dass die Verfassungsbeschwerde einer Anwohnerin in der Nähe des Standort-Zwischenlagers Grafenrheinfeld nicht zur Entscheidung angenommen wird. Die Beschwerdeführerin hatte in ihrer Verfassungsbeschwerde vorgetragen, dass sowohl die Rechtsgrundlagen der Aufbewahrungsgenehmigung nach § 6 AtG als auch die vorangegangenen Entscheidungen des Bayerischen Verwaltungsgerichtshofs und des Bundesverwaltungsgerichts gegen Verfassungsrecht verstoßen. Das Bundesverfassungsgericht hat die Voraussetzungen für die Annahme einer Verfassungsbeschwerde nicht als gegeben angesehen, da der Beschwerde weder eine grundsätzliche Bedeutung zukomme noch eine Annahme zur Durchsetzung der Grundrechte der Beschwerdeführerin



Dampferzeuger auf dem Binnenschiff (Foto: EWN)

angezeigt sei. Das BVerfG hat damit die betreffenden Vorschriften im Atomgesetz sowie die Urteile, welche die Aufbewahrungsgenehmigungen des BfS als rechtmäßig angesehen hatten, bestätigt.

## Transporte von radioaktiven Stoffen und Kernbrennstoffen

Auf dem Gebiet des Transports von radioaktiven Stoffen und Kernbrennstoffen ist das BfS die zuständige Behörde zur Erteilung von Beförderungsgenehmigungen für alle Verkehrsträger gemäß § 4 Atomgesetz (Beförderung von Kernbrennstoffen) und § 16 Strahlenschutzverordnung (Beförderung von Großquellen) sowie Genehmigungs- und Zulassungsbehörde gemäß Gefahrgutbeförderungsgesetz und den darauf beruhenden Verordnungen für die Beförderung von radioaktiven Stoffen und die Zulassung und Anerkennung von Transportbehältern.

Ein Schwerpunkt in den Genehmigungsverfahren 2008 war die Erteilung einer verkehrsrechtlichen Beförderungsgenehmigung im Rahmen der Stilllegung des Kernkraftwerkes Obrigheim in Form einer Sondervereinbarung. Die Sondervereinbarung war gemäß den gefahrgutrechtlichen Vorschriften erforderlich, da für die zu befördernden Dampferzeuger als Großkomponenten nicht alle der sonst üblichen Anforderungen an Versandstücktypen erfüllt werden konnten. Aus dem KKW Obrigheim wurden im September zwei Dampferzeuger auf einen Schubverband für die Beförderung auf den Binnenwasserstraßen verladen und zwischen dem 24. September und 4. Oktober zum Zwischenlager der Energiewerke Nord GmbH bei Lubmin zur Entsorgung befördert.



**Nach fast 80 Stunden Fahrt von La Hague nach Gorleben passierte der Konvoi das Eingangstor des deutschen Zwischenlagers. (Foto: Reuters)**

Im November 2008 wurde, nach einer Unterbrechung im Jahr 2007, wieder ein Transport, dieses Mal mit 308

hochradioaktiven Glaskokillen (HAW-Glaskokillen) in elf Transport- und Lagerbehältern von der Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague/Frankreich in das TBL Gorleben durchgeführt. Die erforderliche Beförderungsgenehmigung war vom BfS am 30. April 2008 erteilt worden. Für die Transporte wurden erstmals die Behälter der französischen Bauart TN85 eingesetzt. Die erforderliche verkehrsrechtliche Bauart-Zulassung wurde durch das BfS im März 2006 erteilt. Durch massive Proteste von Atomkraftgegnern kam es zu erheblichen zeitlichen Verzögerungen des Transports nach Gorleben.

Genehmigungen nach § 4 AtG wurden außerdem u. a. für die Entsorgung der Forschungsreaktoren in den Forschungszentren Berlin (Helmholtz Zentrum Berlin, früher: HMI), Jülich und Geesthacht sowie der FH Kiel und RWTH Aachen erteilt.

Mit Beginn der Arbeiten für das Endlager Konrad rücken auch die Transporte von radioaktiven Abfällen zu diesem Endlagerstandort wieder in das Interesse der Öffentlichkeit. Die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), Köln wurde deshalb mit der Aktualisierung der Transportstudie Konrad von 1991 „Sicherheitsanalyse des Transport radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad“ beauftragt.

Schwerpunkte für die Aktivitäten des BfS auf dem Gebiet des sicheren Transports radioaktiver Stoffe im internationalen Rahmen lagen 2008 bei der Internationalen Atomenergie Organisation (IAEA) und der Europäischen Kommission. So konnten die Arbeiten für eine neue Ausgabe der „Empfehlungen zum sicheren Transport radioaktiver Stoffe“ (TS-R-1) bei der IAEA in Wien abgeschlossen werden, deren Veröffentlichung im Jahr 2009 folgen wird. Durch diese Neuausgabe wird eine verbesserte Harmonisierung, insbesondere bezüglich der Klassifizierung der radioaktiven Stoffe, mit den Empfehlungen der UN zum Transport gefährlicher Güter erreicht. Außerdem wurden einige inhaltliche Änderungen vorgenommen, wie z. B. Klarstellungen zu Definitionen, Aufnahme eines neuen Radionuklids in die Tabelle der Radionuklidwerte und Ergänzungen zu den Vorschriften für die Beförderung spaltbarer Stoffe. Im Rahmen der Mitarbeit bei der Europäischen Kommission wurde unter Federführung des BfS eine europäische „Technische Richtlinie – Sicherheitsberichte für Bauarten von Versandstücken zur Beförderung radioaktiver Stoffe“ erarbeitet, die Ausgabe 1 veröffentlicht und zur Anwendung in den europäischen Mitgliedstaaten empfohlen.

Im Jahre 2008 wurden insgesamt 120 Beförderungsgenehmigungen (Einzel-, Mehrfach- und allgemeine Genehmigungen) für Kernbrennstoffe und Großquellen erteilt. Es wurden 14 Transporte von Großquellen und 476 Transporte von Kernbrennstoffen durchgeführt. Entsprechend den gefahrgutrechtlichen Anforderungen wurden durch das BfS 12 Versandstückmusterzulassungen und 8 Anerkennungen ausländischer Zulassungen

für Transportbehälter sowie 5 verkehrsrechtliche Beförderungsgenehmigungen erteilt. Weitere Informationen über die vom BfS erteilten Beförderungsgenehmigungen und erhobenen statistischen Angaben über die durchgeführten Kernbrennstofftransporte werden auf der Homepage des BfS ([www.bfs.de](http://www.bfs.de)) veröffentlicht.

## ENDLAGER FÜR RADIOAKTIVE ABFÄLLE MORSLEBEN (ERAM)

Morsleben Repository for Low and Intermediate Level Radioactive Waste

Ansprechpartner:

Harald Kronemann (030 18333-1830)

*For more than 10 years the Federal Office for Radiation Protection (BfS) has been working on the methods and measures for the final closure of the Morsleben repository ERAM. Because of the history of the ERAM as a potash and salt mine this is a very complicated process. Apart from radiological safety objectives – based on the Atomic Energy Act (AtG) and the Radiation Protection Ordinance (StrlSchV) – also conventional objectives have to be considered. About 160 documents containing descriptions of the geological, geotechnical and geographical situation, measures and proof of long-term safety were submitted to the licensing authority in Magdeburg (Saxony-Anhalt). In January 2009 – after review and revision – all documents for public attendance according to the AtG were passed over to the Ministry of Agriculture and Environment of Saxony-Anhalt (MLU). After examination of these documents the MLU will announce the plan for the closure of the ERAM, initiating the involvement of the public.*

### Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM

Das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wurde 1971 von der DDR eingerichtet. Bis 1998 wurden im ERAM schwach- und mittelradioaktive Abfälle mit vorwiegend kurzen Halbwertszeiten und geringen Konzentrationen an Alpha-Strahlern endgelagert. Im Zeitraum von 1971 bis 1991 wurden durch die ehemalige DDR ca. 14.432 m<sup>3</sup> radioaktive Abfälle und 6.227 umschlossene radioaktive Quellen eingelagert (Gesamtaktivität 2,9 • 10<sup>14</sup> Becquerel). Von 1994 bis 1998 wurden ca. 22.320 m<sup>3</sup> feste radioaktive Abfälle aus der gesamten Bundesrepublik eingelagert (8 • 10<sup>10</sup> Becquerel für Alpha-Strahler und 9,1 • 10<sup>13</sup> Becquerel für Beta-/Gamma-Strahler).

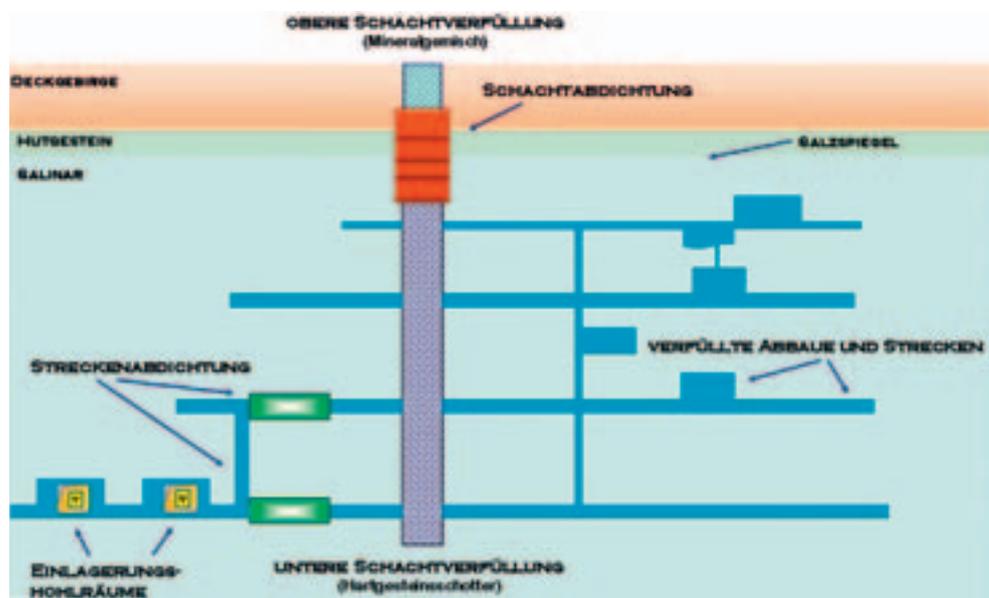
1998 wurde der Einlagerungsbetrieb eingestellt. 2001 hat das BfS auf die Einlagerung unwiderruflich verzichtet, da die weitere Einlagerung radioaktiver Abfälle sicherheitlich nicht mehr vertretbar war. Das BfS hat gegenüber der zuständigen Planfeststellungsbehörde des Landes Sachsen-Anhalt, dem Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, unwiderruflich erklärt, auf die Einlagerungsmöglichkeit nach der geltenden Dauerbetriebsgenehmigung für das ERAM zu verzichten.

Nach dem Übergang des ERAM in den Verantwortungsbereich des BfS wurden die Planungsarbeiten für ein Stilllegungskonzept nach Abschluss des Betriebes aufgenommen. Maßstab für das Stilllegungskonzept des BfS waren und sind die Anforderungen des Atomgesetzes (AtG) und der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV), gemäß denen die Maßnahmen zur Stilllegung so zu planen und durchzuführen sind, dass hinsichtlich der Belastungen der Umwelt und der Bevölkerung sowohl während des Betriebes und der Stilllegungsarbeiten als auch in der Nachbetriebsphase die Schutzziele eingehalten werden.

Bis zur Einreichung der Unterlagen für die Beteiligung der Öffentlichkeit bei der Genehmigungsbehörde, dem Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt in Magdeburg (MLU), im September 2005 wurden umfangreiche Daten in der Grube und in der Umgebung des ERAM durch geowissenschaftliche Untersuchungen erhoben.

Verschiedene Stilllegungskonzepte mit ihren zu erwartenden Erfolgsaussichten und Auswirkungen wurden untersucht und auch Realisierungsvarianten für die technischen Stilllegungsmaßnahmen diskutiert. Die Anforderungen an ein solches Stilllegungskonzept sind sehr hoch, da nachzuweisen ist, dass das Stilllegungskonzept und die einzelnen Maßnahmen die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden gewährleisten.

Schwierigkeiten für die Entwicklung eines Stilllegungskonzeptes und den Nachweis der Langzeitsicherheit resultieren insbesondere aus dem Alter des Grubenge-



Komponenten der Stilllegung

bäudes und der langen Standzeit der Grubenräume, dem hohen Durchbauungsgrad als Folge der intensiven bergbaulichen Nutzung, der weiten Verbreitung von Kalilagern und den geringen Konvergenzraten in den Grubenhohlräumen. War von der DDR ein Flutungskonzept favorisiert worden, so wurden nachfolgend ein Spülversatzkonzept, ein Blasversatzkonzept, ein Einkapselungskonzept mit einem abdichtenden Mineralgemisch wie auch mit hochverdichteten Betonitabdichtungen sowie ein Porenspeicherkonzept untersucht. Im Ergebnis wurden diese Planungsarbeiten schließlich auf ein Abdichtungskonzept mit einer weitgehenden Verfüllung des Grubengebäudes fokussiert. An den Entwicklungs- und Forschungsarbeiten waren und sind neben den Fachleuten des BfS auch andere Organisationen und Unternehmen des In- und Auslandes beteiligt. Das für die Stilllegung des ERAM vorgesehene Stilllegungskonzept geht von einer weitgehenden Verfüllung der zurzeit noch offen stehenden Grubenräume mit Salzbeton und der Abdichtung der Einlagerungsbereiche durch spezielle Bauwerke in ausgewählten Strecken aus. Dadurch werden einerseits die Hohlräume im ERAM und mögliche Senkungen an der Tagesoberfläche minimiert und gleichzeitig die Bewegung von Schadstoffen im ERAM nach dessen Schließung behindert und begrenzt.

Insgesamt wurden im Rahmen der Stilllegungsplanung etwa 160 Unterlagen zur Prüfung und Genehmigung beim MLU eingereicht. Hinzu kommen die Unterlagen für die Einleitung der Öffentlichkeitsbeteiligung im Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM. Zurzeit finden intensive Gespräche zwischen der Genehmigungsbehörde und dem BfS statt, in deren Rahmen beide Behörden und ihre Gutachter und Fachleute Fragen zum Stilllegungskonzept und zu den Verfahrensunterlagen zu diskutieren und zu bewerten haben. Bisher sind für das ERAM ca. 780 Mio. Euro ausgegeben worden. Die Einnahmen für den Bundeshaushalt aus der Einlagerung radioaktiver Abfälle von 1994 bis 1998 belaufen sich auf ca. 138 Mio. Euro. Nach derzeitigen Schätzungen werden die Gesamtkosten bis zur Beendigung der Stilllegung ca. 2 Mrd. Euro betragen.



Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM)

#### Bergbauliche Gefahrenabwehrmaßnahme im Zentralteil

Im Zentralteil der Grube Bartensleben des ERAM ist es aufgrund der etwa 80-jährigen Standzeit und des hohen Durchbauungsgrades dringend notwendig geworden, eine Stabilisierung vorzunehmen. Hierzu werden seit 2003 in diesem Grubenteil 24 ehemalige Steinsalzabbaukammern, in denen keine radioaktiven Abfälle lagern, mit rund 800.000 m<sup>3</sup> Salzbeton im Rahmen bergbaulicher Gefahrenabwehrmaßnahmen verfüllt. Der verwendete Salzbeton besteht im Wesentlichen aus Steinsalz als Zuschlag, Hochofenzement als Bindemittel sowie Zugabewasser. Von der übertägigen Pumpanlage wird der Salzbeton durch eine rund 1.500 m lange Förderrohrleitung in die zu verfüllenden Hohlräume in 380 bis 460 m Tiefe gefördert. Bis zum 31.12.2008 waren insgesamt 671.000 m<sup>3</sup> Salzbeton im Rahmen der bergbaulichen Stabilisierungsmaßnahme eingebracht. Diese Arbeiten werden voraussichtlich bis Anfang 2010 abgeschlossen.

## ENDLAGERUNG WÄRME ENTWICKELNDER ABFÄLLE - SICHERHEITSANFORDERUNGEN

Disposal of Heat-generating Waste – Safety Requirements

Ansprechpartner:

Peter Brennecke (030 18333-1900)

*On the basis of the report of the Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) on the disposal of high-level radioactive waste in deep geological formations, the results of a workshop organized by BfS, scientific-technical comments on this GRS report given by BfS as well as its evaluation commonly prepared by RSK and SSK, BMU published the draft document "Safety Requirements Governing the Final Disposal of Heat-generating Radioactive Waste" as of July 29, 2008. This document contains two essential protective goals and the respective safety-related technical as well as administrative aspects for their observation. The BMU draft document was presented and discussed at an international symposium organized by BMU in fall 2008. The evaluation of the document is still going on by the group Disposal of Radioactive Waste of the Waste Management Commission (Entsorgungskommission, ESK) of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU).*

Die Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle (z. B. verglaste Spaltproduktlösung und ausgelegte Brennelemente) stellt immer noch eine große Herausforderung dar (vgl. Internationaler Stand der Endlagerung). Für Planung, Errichtung, Betrieb und Verschluss eines Endlagers für diese Abfälle geben standortunabhängig geltende Sicherheitsanforderungen den Rahmen vor, der das Sicherheitsniveau einer solchen Anlage bestimmt und nachweislich einzuhalten ist.

Für die Erarbeitung von Sicherheitsanforderungen an Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle gemäß dem heutigen internationalen Stand wurde aufgrund der hier zu berücksichtigenden komplexen Sachverhalte

eine schrittweise Vorgehensweise gewählt (vgl. Jahresbericht 2007 des BfS):

- Im ersten Schritt hat die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH im Januar 2007 den Bericht „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen – Entwurf der GRS“ im Auftrag des BMU erarbeitet.
- Dieser Bericht wurde während des vom BfS im März 2007 durchgeführten Workshops „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochaktiver Abfälle“ wissenschaftlich diskutiert und bewertet. Die Ergebnisse des Workshops hat das BfS im Juli 2007 vorgelegt; zuvor wurde auf Wunsch des BMU eine Stellungnahme zum Bericht der GRS erarbeitet.
- Wesentliche Aspekte des GRS-Vorschlages und der BfS-Stellungnahme wurden im Rahmen der vom BfS und der GRS veranstalteten Tagung „Radioactive Waste Disposal in Geological Formations“ im November 2007 einem internationalen Fachpublikum präsentiert und mit ihm diskutiert.
- Parallel hierzu hatte das BMU seine Beratungsgremien RSK und SSK gebeten, eine gemeinsame Stellungnahme zum Bericht der GRS abzugeben. Diesem Wunsch sind beide Kommissionen mit ihrer Stellungnahme von Mitte 2008 nachgekommen. Darin schließen sie sich grundsätzlich dem Konzept der GRS an, die Sicherheit der Endlagerung radioaktiver Abfälle über den Nachweis der Isolation im einschlusswirksamen Gebirgsbereich zu belegen, unterbreiten aber gleichwohl eine Reihe von Vorschlägen zur weiteren Ausgestaltung bzw. Absicherung dieser Vorgehensweise.

Auf Basis dieser Unterlagen hat das BMU die „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle“ erarbeitet und im Entwurf mit Stand 29. Juli 2008 veröffentlicht. Der Entwurf geht von den beiden wesentlichen Schutzziele „dauerhafter Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle“ und „Vermeidung unzumutbarer Lasten und Verpflichtungen für zukünftige Generationen“ aus. Er beinhaltet die sicherheitstechnisch relevanten technischen und administrativen Aspekte zur Einhaltung beider Schutzziele, wobei die Punkte Sicherheitsprinzipien, Optimierung, Schutzkriterien, Sicherheitsnachweise und Endlagerauslegung im Vordergrund stehen.

Eine Bewertung des BMU-Entwurfs ist während einer Klausurtagung der Entsorgungskommission (ESK, [www.entsorgungskommission.de](http://www.entsorgungskommission.de)) im Oktober 2008 erfolgt, in die das BfS sich fachlich eingebracht hat. Im Rahmen des vom BMU Ende Oktober/Anfang November 2008 veranstalteten internationalen Endlagersymposiums ist der Entwurf der „Sicherheitskriterien“ präsentiert, durch verschiedene Experten bewertet und kontrovers disku-

tiert worden. Hier ist festzuhalten, dass in der Erörterung des Entwurfes keine grundsätzlich ablehnenden Argumente genannt, aber z. T. Überarbeitungen und Präzisierungen gefordert wurden.

## VERGLEICHENDE SICHERHEITSANALYSEN (VERSI) FÜR ENDLAGER FÜR WÄRME ENTWICKELNDE ABFÄLLE

Comparing Safety Assessments for Repositories for Heat-Generating (High-Level) Radioactive Waste

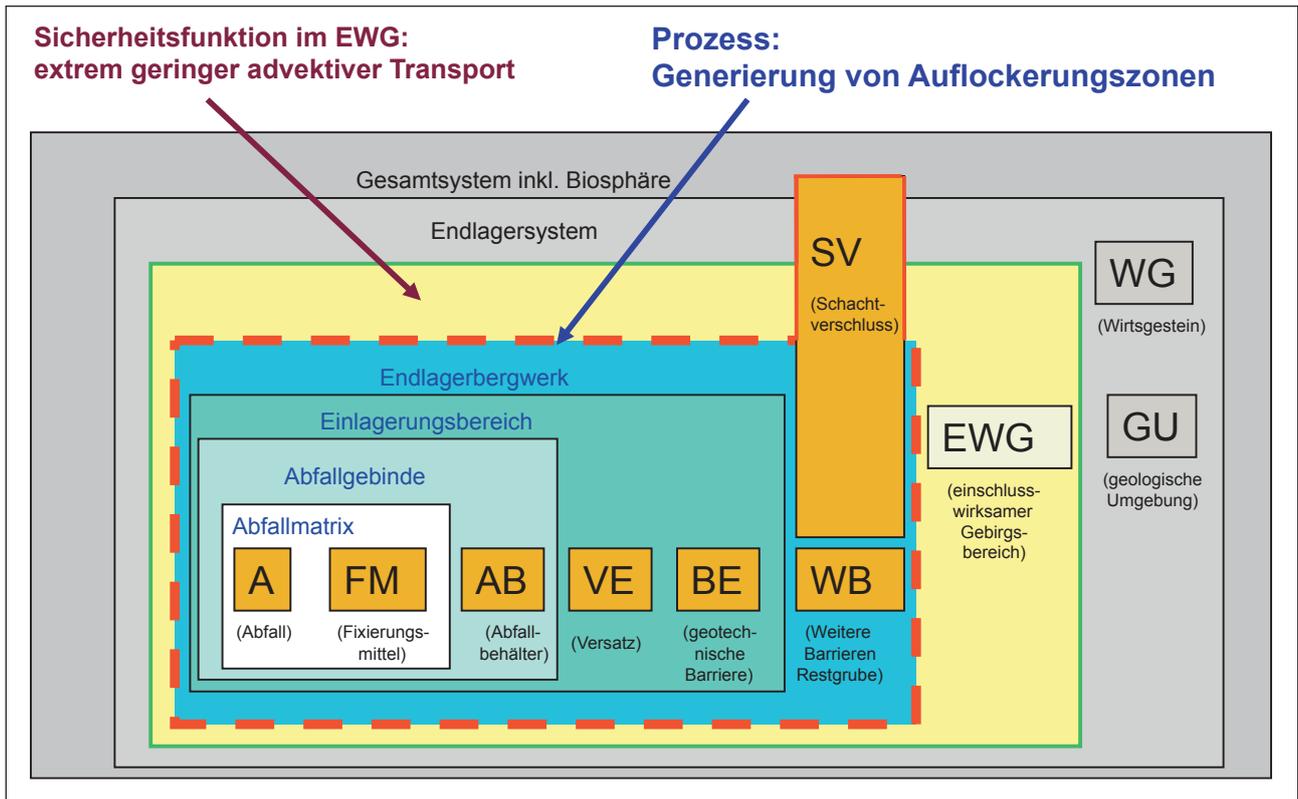
Ansprechpartner:

Matthias Beushausen (030 18333-1820)

*The Federal Office for Radiation Protection launched the project VerSi (Vergleichende Sicherheitsanalysen – Comparing Safety Assessments) which, in association with several single projects, aims at developing a methodology for the comparison of safety assessments. In doing so, the feasibility of the comparison of safety assessments for sites in different host rock formations is to be investigated. The objective of the project is to enable a comparison of sites – also in different host rocks. For this purpose appropriate instruments have to be developed and acknowledged.*

Zur Festlegung eines Standortes für die Endlagerung Wärme entwickelnder Abfälle verfolgt das Bundesumweltministerium die Zielsetzung, in einem bundesweiten Auswahlverfahren nach festgelegten Kriterien aus den gegenübergestellten Standorten den am besten geeigneten auszuwählen. Zur Festlegung dieser Kriterien wurde im Jahr 1999 der Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEmd) eingesetzt, der im Dezember 2002 seinen Abschlussbericht vorgelegt hat. Um in einem Auswahlverfahren zu einer begründeten Auswahl eines Standortes zu gelangen, ist nach den Auswahlkriterien eine Methodik erforderlich, mit welcher die Standorte, die die Kriterien erfüllen, verglichen werden können. Eine sicherheitstechnische Abwägung für die Auswahl eines Standortes basiert letztendlich auf dem Vergleich von Sicherheitsanalysen. Da ein derartiger Vergleich, insbesondere in unterschiedlichen Wirtsgesteinsformationen (z. B. Salz und Tonstein), bislang in Deutschland noch nicht durchgeführt wurde, hat das Bundesamt für Strahlenschutz das Projekt VerSi (Durchführung vergleichender Sicherheitsanalysen für Endlagersysteme zur Bewertung der Methoden und Instrumentarien) konzipiert.

Mit dem im Jahr 2007 begonnenen Projekt soll ein Bewertungssystem für Langzeitsicherheitsanalysen entwickelt werden, das über den Vergleich von Dosis- und Risikowerten für die Bewertung eines Endlagers hinausgeht. Hierzu sind geeignete sicherheitstechnische Bewertungsgrößen zu entwickeln und die entsprechenden Bewertungsmaßstäbe zu definieren. Im Rahmen des Projektes sollen die in der Bundesrepublik Deutschland vorkommenden und grundsätzlich als geeignet eingeschätzten Wirtsgesteinstypen Salz und Tonstein betrachtet werden.

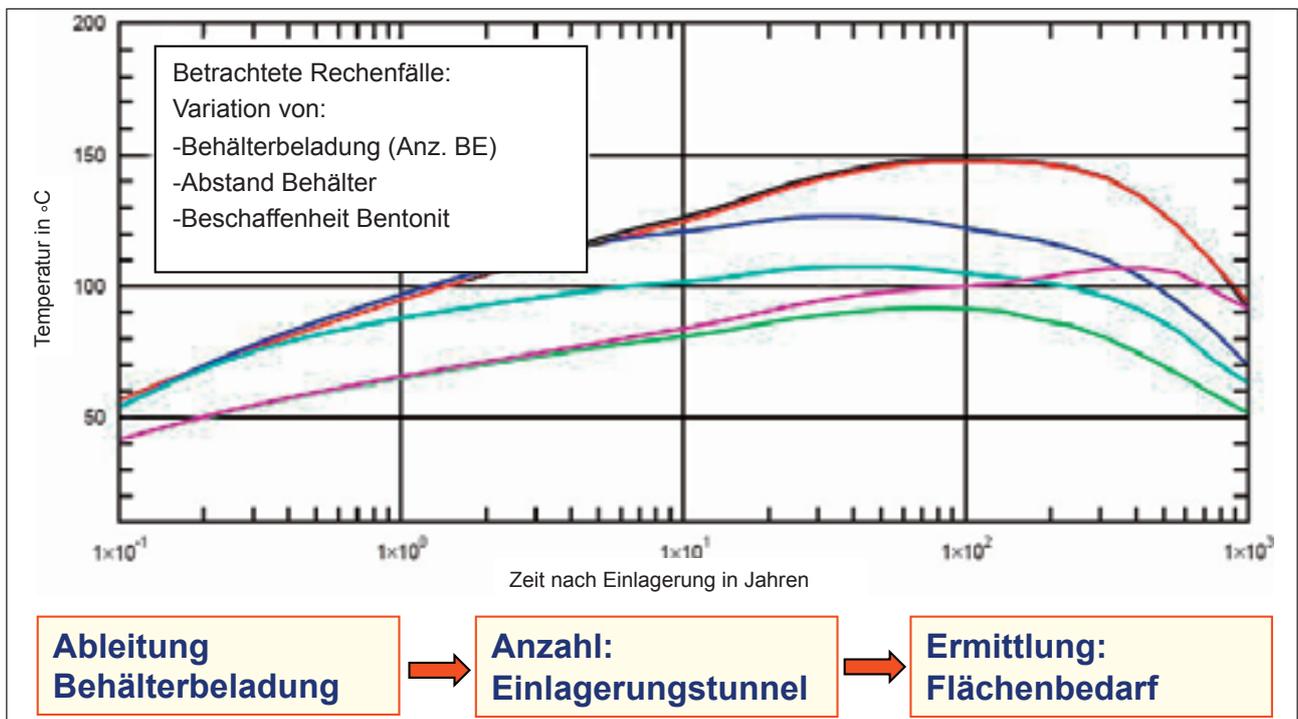


**Endlagerkomponenten mit beispielhaft zugeordneter Einwirkung (Prozess) und Sicherheitsfunktion**

Wegen seines großen Umfangs wurde das Projekt in mehrere Einzelvorhaben gegliedert.

Das Einzelvorhaben „**Planerische Grundsatzfragen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen**“ hat zum Ziel, Planungsgrundlagen und Eingangsgrößen für Endlager zum Vergleich von Langzeitsicherheitsana-

lysen bereitzustellen. Hierzu wurden die Endlagerkonzepte für einen Salz- und einen Tonsteinstandort, beruhend auf vorhandenen Endlagerkonzepten im In- und Ausland für die Verwendung im Projekt VerSi angepasst und dokumentiert. Da in der Bundesrepublik Deutschland bislang kein Tonsteinstandort auf seine Eignung als Endlager radioaktiver Abfälle untersucht wurde, war es



Temperaturfeldberechnungen für Tonstein an der Grenze Bentonit / Auflockerungszone zur Einhaltung von Grenztemperaturen und der Ermittlung des Flächenbedarfs

erforderlich, die geologische Situation für einen fiktiven Tonsteinstandort unter Berücksichtigung möglichst realitätsnaher Annahmen zu generieren.

Ein anderer wesentlicher Aspekt dieses Teilvorhabens ist es, speziellen Fragen zum Verständnis der Prozesse im Endlager nach seinem Verschluss nachzugehen. Beispiele dafür sind Fragen nach Gasbildungsprozessen, der minimalen Endporosität von Versatz bei Gasbildung im Endlager und der Dichtigkeit von Dammbauwerken.

Ein weiteres Einzelvorhaben widmet sich der **Szenarienentwicklung**. Die Ermittlung von Szenarien ist ein wesentlicher Schritt auf dem Weg zur systematischen Betrachtung von Einwirkungen auf das Endlagersystem oder dessen Komponenten. Mit der Einführung von Sicherheitsfunktionen werden diesen Endlagerkomponenten Eigenschaften oder Funktionen zugeschrieben, die einen Beitrag für die Erfüllung sicherheitsgerichteter Anforderungen an ein Endlager leisten. Das können z. B. die mechanische Stabilität der Behälter oder die Wärmeableitung über das Wirtsgestein sein. Zum Zweck der Strukturierung wurden die Endlagersysteme in geeignete Endlagerkomponenten gegliedert (s. Abb. S. 65 oben) und diesen die sie kennzeichnenden Sicherheitsfunktionen zugewiesen. Diese Sicherheitsfunktionen können sich auf unterschiedliche räumliche Ausdehnungen und zeitliche Wirksamkeiten beziehen. Ein wesentlicher Bestandteil von Langzeitsicherheitsanalysen ist die Analyse der Konsequenzen von Einwirkungen auf Endlagerkomponenten bzw. deren Sicherheitsfunktionen. Aus einer großen Anzahl von Zuständen, Ereignissen und Prozessen (ZEP), die in einem Endlager eintreffen können, wurden diejenigen ausgewählt, die in der erwarteten Normalentwicklung und in weniger wahrscheinlichen Entwicklungen eines Endlagers eine Bedeutung haben. Ausgehend von angenommenen Ausfällen der Sicherheitsfunktionen werden in einem nächsten Schritt die dafür verantwortlichen Szenarien anhand der ZEP abgeleitet.

Im Einzelvorhaben „**Evaluierung der Vorgehensweise für den Vergleich von Langzeitsicherheitsanalysen**“ liegt der Schwerpunkt der methodischen Entwicklung für den Vergleich. Hierbei werden vergleichbare sicherheitsgerichtete Eigenschaften der beiden Endlagersysteme in den Wirtsgesteinsformationen Tonstein und Salz zu jeder Endlagerkomponente korrelierend gegenübergestellt. Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, korrelierende Sicherheitsfunktionen beider betrachteten Endlagersysteme zu identifizieren und übergeordnete Sicherheitsfunktionen unter Berücksichtigung der Abhängigkeit von Szenarien und Wirkungszeiträumen abzuleiten. Mit diesen abgeleiteten übergeordneten Sicherheitsfunktionen wird angestrebt, den Vergleich der beiden Endlagersysteme in unterschiedlichen Wirtsgesteinsformationen anzugehen. Nach derzeitigem Bearbeitungsstand zeichnen sich im Projekt VerSi als vorrangige Kriterien für einen Vergleich die Relevanz der Eingangsgrößen und die Robust-

heit, d. h. die Unempfindlichkeit des Endlagersystems gegenüber externen Einflüssen und Unsicherheiten von Daten und Modellen ab.

Zur Herleitung einer Vergleichsmethodik sind Abläufe von Einzelprozessen zu identifizieren und in Prinzipmodelle zu fassen sowie diese Prinzipmodelle zu analysieren. Hierzu gehört u. a. die Prognose der Wärmeproduktion von Endlagerbehältern zur Einhaltung von Grenztemperaturen im Tonstein (Abb. S. 65 unten). Im Einzelvorhaben „**Langzeitsicherheitsanalysen für den Vergleich von Endlagersystemen**“ werden diese Bearbeitungsschritte in Interaktion mit den anderen Teilvorhaben vorgenommen. Darüber hinaus beteiligt sich diese Arbeitsgruppe an der Entwicklung von Sicherheitskonzepten. Die im Einzelvorhaben „Szenarienentwicklung“ hergeleiteten Szenarien werden bezüglich ihrer Relevanz überprüft und die relevanten Szenarien im Wesentlichen in Form einer Konsequenzenanalyse bewertet. Die für einen sicherheitsanalytischen Vergleich erforderlichen Modellrechnungen werden nicht nur auf die Berechnung der Dosis an verschiedenen Orten des Endlagersystems abzielen, sondern auch andere geeignete Bewertungsgrößen berücksichtigen. Die Herleitung dieser alternativen Bewertungsgrößen erfolgt in Zusammenarbeit mit den anderen Einzelvorhaben.

Abschließend werden die Ergebnisse der Langzeitsicherheitsanalysen anhand der im Teilvorhaben „Evaluierung der Vorgehensweise für den Vergleich von Langzeitsicherheitsanalysen“ abgeleiteten Bewertungsgrößen in ihrer Aussagekraft unter Berücksichtigung von Unsicherheiten beispielsweise bei den Standortdaten oder den Modellen verglichen. Hierbei soll aufgezeigt werden, ob die definierten Bewertungsgrößen und die festgelegten Bewertungsmaßstäbe einen objektiven Vergleich unterschiedlicher Endlagerstandorte erlauben, oder ob die Bewertungsgrößen und/oder Bewertungsmaßstäbe ggf. anzupassen sind. Stärken und Schwächen eines solchen Vergleichs werden herausgearbeitet.

Die Arbeiten zur Methodenentwicklung werden einem **internen Review** durch einen weiteren Projektbeteiligten unterzogen. Darüber hinaus hat der Reviewer in einem Bericht die entscheidungstheoretischen Grundlagen und Anforderungen der vergleichenden Bewertung abgeleitet und begründet sowie die Auswirkungen der Rahmenbedingungen des Vergleichs herausgearbeitet. Erfahrungen aus anderen Ländern bei der vergleichenden Bewertung von Endlagerstandorten und nationale Erfahrungen bei der vergleichenden Bewertung von Deponiestandorten für konventionelle Abfälle wurden ebenfalls ausgewertet und im Ergebnisbericht dokumentiert. Im Ergebnis wird festgestellt, dass Szenarien bzw. damit verbundene Bewertungsaspekte wie z. B. Robustheit anstelle von Eigenschaften und Sicherheitsfunktionen an Bedeutung gewinnen.

## INTERNATIONALES ENDLAGERSYMPOSIUM, BERLIN, 2008

International Radioactive Waste Disposal Symposium, Berlin, 2008

Ansprechpartner:

Peter Brennecke (030 18333-1900)

*The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) organized an International Radioactive Waste Disposal Symposium which took place in Berlin on October 30 to November 1, 2008. This symposium which was attended by approx. 400 participants aimed at the resumption of the dialogue between authorities, waste producers, utilities, research establishments, experts, non-governmental organizations and the population of such districts and regions where repositories or repository projects are located. The main topic was the presentation and discussion of the new BMU draft Safety Requirements on the Disposal of Heat-generating Waste. The symposium covered scientific-technical as well as societal aspects which are of importance with respect to radioactive waste disposal. According to BMU the discussions will be continued in future.*

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) veranstaltete in Berlin vom 30.10. - 01.11.2008 das internationale Endlagersymposium „Die Endlagerung hochaktiver, Wärme entwickelnder Abfälle“. Ziel dieser Veranstaltung war es, insbesondere den Dialog über den Entscheidungsprozess zur Festlegung und Realisierung eines Endlagers für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle einschließlich der Anforderungen an die Langzeitsicherheit zwischen Politikern, der interessierten Öffentlichkeit, Wissenschaftlern sowie verantwortlichen Akteuren wieder aufzunehmen.

Die ca. 400 Teilnehmer des Symposiums repräsentierten die mit der Endlagerung radioaktiver Abfälle befassten Institutionen wie Bundes- und Landesbehörden, Abfallverursacher, Energieversorger, Forschungseinrichtungen, Gutachter und Sachverständige, Nichtregierungsorganisationen wie Bürgerinitiativen und Greenpeace e. V. sowie die Bevölkerung betroffener Landkreise und die Presse. Auch Teilnehmer aus Frankreich, Großbritannien und der Schweiz reisten an, um sich aktiv in die Veranstaltung einzubringen. Mit ihren Beiträgen gaben sie Einblicke in internationale Entwicklungen und Sachstände bei der Realisierung von Endlagern.

Bereits bei der Auswahl der Mitglieder des Programmkomitees wurde auf eine pluralistische Besetzung Wert gelegt, damit die unterschiedlichen Interessenslagen im Bereich der Endlagerthematik schon in die Planung der Veranstaltung einfließen konnten. Neben Vertretern der von Endlagerprojekten betroffenen Regionen (Landkreis Lüchow-Dannenberg, Landkreis Waldshut), der Energie-

wirtschaft, der Kirchen und Forschungseinrichtungen war auch das Bundesamt für Strahlenschutz als Betreiber von Endlagern beteiligt. Ein zentraler Punkt der Programmgestaltung war die breite Öffnung des Dialogs. Mit unterschiedlichen Mitteln der Kommunikation wie Fach- und Impulsvorträgen, Interviews, Diskussionen in Arbeitsgruppen und auf dem Podium wurde das Symposium abwechslungsreich gestaltet und der Grundstein für einen Diskurs gelegt.

Bundesminister Sigmar Gabriel eröffnete das internationale Endlagersymposium. Im Rahmen einer Podiumsdiskussion wurden die unterschiedlichen Erwartungen der verschiedenen gesellschaftlichen Kräfte deutlich. Der Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz, Wolfram König, wies darauf hin, dass die Diskussion zur Endlagerung nicht nur nach dem jeweiligen Standpunkt zum Salzstock Gorleben geführt werden dürfe. Notwendig sei ein gesellschaftlicher Konsens, der nur durch ein ergebnisoffenes Auswahlverfahren geschaffen werden könne.

Das Endlagersymposium brachte als ein wesentliches Ergebnis, dass der in Deutschland bislang gegangene Weg, einen Standort für ein Atommüll-Endlager festzulegen, nach internationalem Maßstab überholt ist. Prüfungen mehrerer Standorte nach vorab festgelegten Kriterien sind in den Nachbarländern mittlerweile Standard. Professor Ortwin Renn, Universität Stuttgart, brachte dies auf den Punkt: „Ohne ein ergebnisoffenes Auswahlverfahren mit starken Mitwirkungsmöglichkeiten der betroffenen Bevölkerung ist kein Neuanfang und damit auch keine Akzeptanz für einen Endlagerstandort möglich.“

Alle wissenschaftlich technischen Voraussetzungen für die Prüfung von Alternativen sind vorbereitet. Neben den bereits im Jahr 2002 vom Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) veröffentlichten Standortauswahlkriterien wurden auf dem Symposium erstmals die für die abschließende sicherheitstechnische Beurteilung vorgesehenen Sicherheitsanforderungen in der Öffentlichkeit diskutiert.

Es wurde deutlich, dass überwiegend der BMU-Entwurf der Sicherheitsanforderungen als deutlicher und notwendiger Fortschritt gegenüber den Kriterien von 1983 gesehen wird. Die Diskussion brachte einige Anregungen, die in die redaktionelle Überarbeitung der Sicherheitsanforderungen nunmehr einfließen können. Vor diesem Hintergrund können die Sicherheitsanforderungen durch das BMU 2009 veröffentlicht werden und damit eine wesentliche Grundlage für die Realisierung eines Endlagers für Wärme entwickelnde Abfälle darstellen.

Mit dem internationalen Endlagersymposium konnte der Dialog zwischen unterschiedlichen Interessengruppen wieder in Gang gesetzt werden, dessen Fortsetzung und Ausbau zukünftig weiter vorangetrieben werden soll.

## ENDLAGERUNG WÄRME ENTWICKELNDER RADIOAKTIVER ABFÄLLE - INTERNATIONALER STAND

International Status of Disposal of Heat-Generating Radioactive Waste

Ansprechpartner:

Peter Brennecke (030 18333-1900)

*Whereas the disposal of radioactive waste with negligible heat generation (i. e. low level and intermediate level radioactive waste) is very well matured, a repository for heat-generating waste such as the vitrified fission product solution and spent nuclear fuel when declared to be waste does not yet exist worldwide. Ongoing activities comprise conceptual design studies up to detailed planning work. Most well-developed countries using nuclear energy prepare site selection criteria and respective procedures including the participation of the public. Only very few countries succeeded in implementing such criteria and procedures already resulting in site investigations. A survey on the status and current activities in the area of disposal of heat-generating radioactive waste is given.*

Bei den Arbeiten zur Entsorgung radioaktiver Abfälle hat sich weltweit die Auffassung durchgesetzt, dass es unabhängig von der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung langfristig sichere und von der Öffentlichkeit akzeptierte Lösungen für die Endlagerung der bereits vorhandenen und der zukünftig anfallenden Abfälle geben muss. International hat sich dabei die Endlagerung von radioaktiven Abfällen mit vergleichsweise kurzlebigen Radionukliden in oberflächennahen Endlagern und von radioaktiven Abfällen mit vergleichsweise langlebigen Radionukliden in tiefen geologischen Formationen durchgesetzt. Weiter besteht Konsens darüber, dass ein Entsorgungskonzept einen definierten Endpunkt (Endlagerung) beinhalten muss; Konzepte ohne einen solchen Endpunkt werden aus ethischen Gründen als nicht akzeptabel betrachtet und auch als potenziell unsicher eingestuft.

Die Entsorgung darf nicht zukünftigen Generationen überlassen werden. Lösungen sind jetzt zu erarbeiten, auch wenn die Realisierung eines Endlagerprojektes von den ersten konzeptionellen Überlegungen bis zur Aufnahme des Einlagerungsbetriebes durchaus sehr lange Zeiträume in Anspruch nehmen kann.

Für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung wie das verglaste Spaltproduktkonzentrat und von ausgedienten Brennelementen, die direkt endgelagert werden sollen, sind bisher überwiegend nur Planungsarbeiten (konzeptionelle Überlegungen bis konkrete Planungen) durchgeführt worden (vgl. Jahresbericht 2006 des BfS). Ergänzend kommt die Entwicklung von Standortauswahlverfahren hinzu, die in einigen Fällen bereits angewendet worden sind und zur Untersuchung von potenziell geeigneten Standorten geführt

haben. Ein betriebsbereites Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle existiert bisher weltweit noch nicht. Der gegenwärtige Stand soll anhand der nachfolgenden Beispiele aufgezeigt werden.

### Belgien

In Belgien wird Ton auf seine Eignung als Wirtsgestein für ein Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle untersucht. Experimentelle Arbeiten werden in einem Untertagelaboratorium in etwa 220 m Tiefe bei Mol durchgeführt. Planungs- und Sicherheitsstudien zur Endlagerung dieser Abfälle erfolgten im Rahmen des Projektes SAFIR. Allerdings steht die Entscheidung der belgischen Regierung noch aus, ob ausgediente Brennelemente wiederaufgearbeitet oder direkt endgelagert werden sollen. Aufgrund eines Moratoriums über die Wiederaufarbeitung werden die Brennelemente seit etwa Mitte der 90er Jahre zwischengelagert.

Am 27. Januar 2009 initiierte die für die Entsorgung radioaktiver Abfälle zuständige Institution eine Befragung der Bevölkerung, um sie auf diese Weise in ihre aktuellen Planungen zur Endlagerung Wärme entwickelnder und langlebiger radioaktiver Abfälle einzubinden. Das Ergebnis dieser Planungen soll etwa Mitte 2010 der belgischen Regierung vorgelegt werden.

### Finnland

In Finnland ist nach Abschluss des Standortauswahlverfahrens im Jahr 2001 die Entscheidung gefallen, den Standort Olkiluoto für die Endlagerung von ausgedienten Brennelementen zu untersuchen. In unmittelbarer Nähe zu den dortigen Kernkraftwerken soll das Endlager für abgebrannte Brennelemente in einer kristallinen Gesteinsformation in einer Tiefe von etwa 400 m bis 700 m errichtet werden. Am Standort Olkiluoto wird seit 2004 das Untertagelaboratorium Onkalo eingerichtet, um die erforderlichen Untersuchungen zum Nachweis der Eignung des Granits als Wirtsgestein durchführen und um Endlagertechniken erproben zu können. Die Planungen sehen die Fertigstellung dieses Laboratoriums bis 2010 und die Durchführung der Eignungsuntersuchungen bis 2012 vor. Der Antrag auf Baugenehmigung für das Endlager soll 2012 gestellt werden; bis spätestens 2016 soll die Baugenehmigung vorliegen. Die Inbetriebnahme der Anlage ist für das Jahr 2020 geplant, sein Verschluss ist bis 2130 vorgesehen (110 Jahre Einlagerungsbetrieb).

### Großbritannien

In Großbritannien sind die Zuständigkeiten im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle neu geregelt worden. Mit der Nuclear Decommissioning Authority (NDA) wurde eine Behörde geschaffen, die sowohl für die Stilllegung von kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen als auch für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle verantwortlich ist. Die Festlegung eines Standortes für Errichtung und Betrieb eines Endlagers für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle erfolgt in Rahmen eines Auswahlverfahrens. In dem von der britischen Regierung im Juni 2008 veröffentlichten „White Paper“, das ihre Position zur Endlagerung enthält, ist

die Aufforderung an Gemeinden und Regionen festlegt, ihr Interesse an einer Beteiligung im Standortauswahlverfahren zu bekunden. Derartige Interessensbekundungen müssen auf einer pluralistischen Diskussion in den Gemeinden bzw. Regionen beruhen. Die standortspezifischen Eignungsuntersuchungen sollen durch einen umfangreichen Dialog zwischen den lokalen Behörden, der Öffentlichkeit und der das Verfahren betreibenden NDA begleitet werden.

#### Japan

In Japan ist die Nuclear Waste Management Organisation of Japan (NUMO) für die Endlagerung Wärme entwickelnder Abfälle und abgebrannter Brennelemente in tiefen geologischen Formationen zuständig. Zentrale Elemente der Arbeiten zur Realisierung eines Endlagers sind ein dreistufiger Standortauswahlprozess und die Akzeptanz der Standorte in der Öffentlichkeit, wobei um freiwillige Standortkandidaten geworben wird. NUMO führt derzeit ein Auswahlverfahren für potenziell geeignete Endlagerstandorte durch. Die vorläufigen Untersuchungsbereiche sollen etwa zwischen 2009 und 2013 und der endgültige Endlagerstandort etwa zwischen 2023 und 2028 festgelegt werden. Der Betrieb des Endlagers soll im Zeitraum zwischen 2033 und 2038 aufgenommen werden.

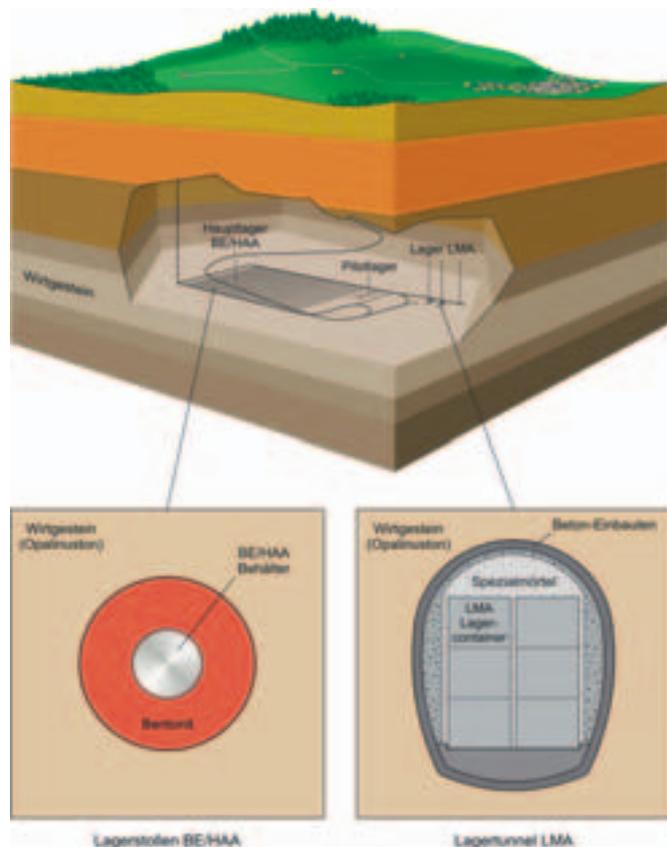
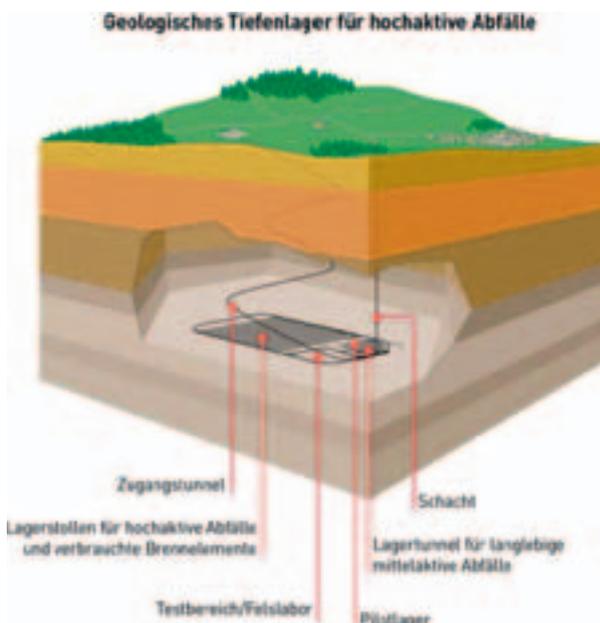
#### Kanada

In Kanada sieht die zuständige Nuclear Waste Management Organisation (NWMO) die Endlagerung ausgebrannter Brennelemente in tiefen geologischen Formationen mit der Option der Rückholbarkeit vor.

Die grundsätzliche Vorgehensweise (Adaptive Phased Management, APM) wurde im Juni 2007 durch die Regierung bestätigt. Das APM gliedert sich in drei Phasen. Es beginnt mit der Vorbereitung des Standortauswahlverfahrens und endet mit dem Verschluss des Endlagers nach einer Überwachungsphase. Das gesamte Verfahren beinhaltet die kontinuierliche Beteiligung der Öffentlichkeit und insbesondere die Zustimmung und Unterstützung der Bevölkerung aus den Standortgemeinden. Als Ergebnis der bereits durchgeführten öffentlichen Konsultationen wurde festgelegt, dass sich die Endlagerstandortsuche nur auf Regionen beziehen wird, in denen die Kernenergie genutzt wird.

#### Schweden

Im Rahmen der Standortauswahl hat die für die Entsorgung radioaktiver Abfälle zuständige Institution Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) einen Vorschlag zur Auswahl von drei Standorten und für ein Endlagerkonzept vorgelegt. Nach Zustimmung durch die schwedische Regierung wurden die Standorte Forsmark und Oskarshamn (beide Granit) von 2002 bis 2007 auf ihre Eignung für die Endlagerung von Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen untersucht. Die Ergebnisse der vorgenommenen Standorterkundungsmaßnahmen werden derzeit ausgewertet und analysiert. Weiter werden sicherheitsanalytische Untersuchungen und Umweltverträglichkeitsstudien durchgeführt. 2009 soll die Entscheidung für einen Standort fallen. Nach Festlegung des endgültigen Standortes soll der Antrag auf die schrittweise Errichtung des schwedischen Endlagers 2010 gestellt werden.



Der Bau dieser Anlage könnte frühestens 2013 beginnen. Die Inbetriebnahme des Endlagers ist etwa 2020/2021 zu erwarten, die Beendigung des Einlagerungsbetriebes und der Verschluss sind für 2080 geplant.

### **Schweiz**

Nach dem Kernenergiegesetz und der Kernenergieverordnung vom 1. Februar 2005 muss für die langfristig sichere Entsorgung der radioaktiven Abfälle in der Schweiz ein Sachplan zur Festlegung von Endlagerstandorten aufgestellt werden. Das schweizer Bundesamt für Energie (BFE) hat die Federführung zur Aufstellung dieses Sachplans für „Geologische Tiefenlager“ zur Entsorgung radioaktiver Abfälle übernommen. Sachpläne sind ein Instrument, um raumwirksame Aufgaben in einem transparenten Prozess durchzuführen und zu koordinieren. Die Zusammenarbeit mit Kantonen, Organisationen, der Bevölkerung und den Nachbarstaaten hat darin einen festen Platz. Der Mitwirkung und dem Dialog mit allen Beteiligten kommt beim Sachplan „Geologische Tiefenlager“ große Bedeutung zu. Der Sachplan „Geologische Tiefenlager“ besteht aus zwei Teilen, einem Konzeptteil und einem Umsetzungsteil. Im Konzeptteil werden die Verfahrensregeln für die spätere Standortsuche festgelegt. Der Konzeptteil wurde am 2. April 2008 vom Schweizer Bundesrat verabschiedet. Danach soll die Umsetzung des Standortauswahlverfahrens in drei Schritten erfolgen und zu einer ergebnisoffenen Standortfestlegung führen. Für die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen und ausgedienten Brennelementen wurden die Gebiete Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren und Bözberg vorgeschlagen, in denen das bevorzugte Wirtsgestein (Opalinuston) in geeigneter Ausdehnung und Tiefenlage vorkommt. Die Aufstellung des Sachplans erfolgt unter Einbeziehung der Nachbarstaaten der Schweiz. Vor diesem Hintergrund berief das BMU im September 2005 die deutsche Begleitkommission Schweiz (BeKo-Schweiz). Die BeKo-Schweiz bietet den betroffenen Gebietskörperschaften und interessierten Verbänden eine Plattform zur gegenseitigen Information und zur Abstimmung über die verschiedenen Interessenlagen auf deutscher Seite. Zur Beantwortung von Fragen des BMU und der BeKo-Schweiz zum Sachplan „Geologische Tiefenlager“ und zur fachlichen Begleitung des Standortauswahlverfahrens hat das BMU im Juni 2006 die deutsche Expertengruppe Schweizer-

Tiefenlager (ESchT) einberufen. Die Leitung dieser Expertengruppe nimmt das BfS wahr. Einen wichtigen Teil des Auswahlverfahrens stellt die Information der Bevölkerung in den betroffenen Regionen dar. Sie wird über die unterbreiteten Vorschläge und die weitere Vorgehensweise im einzelnen informiert sowie in einem transparenten Verfahren in die kommende Entscheidungsfindung mit einbezogen. Ein Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle soll nach den vorliegenden Planungen ab 2040 zur Verfügung stehen.

### **USA**

Für die Endlagerung von abgebrannten Brennelementen ist bisher der Standort Yucca Mountain in Nevada/USA sehr umfassend geowissenschaftlich untersucht worden. Das geplante Endlager soll in vulkanischem Tuff als Wirtsgestein etwa 200 m bis 425 m unter der Erdoberfläche, aber oberhalb des Grundwasserspiegels, aufgeföhren werden. Die Auswahl dieses Standortes basiert auf einer politisch stark beeinflussten und nicht rein wissenschaftlich-technischen Entscheidung. Diese Festlegung ohne Alternativenbetrachtung führte dazu, dass während der Standorterkundung und der Endlagerplanung mehrere Anpassungen der Kriterien und des Endlagerkonzeptes erforderlich wurden. Das Department of Energy (DOE) hat am 03.06.2008 bei der Aufsichts- und Genehmigungsbehörde Nuclear Regulatory Commission (NRC) einen Genehmigungsantrag eingereicht. Die Genehmigungsbehörde NRC hat danach drei Jahre Zeit, diesen Antrag zu bescheiden (mit Möglichkeit der Verlängerung um ein weiteres Jahr). In Umsetzung von Empfehlungen der National Academy of Sciences (NAS) und eines Gerichtsurteils aus dem Jahr 2004 legte die Environmental Protection Agency (EPA) im September 2008 die einzuhaltenden strahlenschutztechnischen Anforderungen und Randbedingungen für das Yucca Mountain-Projekt vor. Die Genehmigung dieser Anlage wird in drei Stufen erfolgen: die Errichtungsgenehmigung, die Genehmigung für die Übernahme und Einlagerung von radioaktiven Abfällen sowie die Genehmigung für den Verschluss und die Stilllegung des Endlagers. Für die Errichtung des Endlagers werden etwa fünf Jahre angesetzt. Ob das Genehmigungsverfahren weitergeföhrt wird, ist nach dem Ausgang der Präsidentschaftswahl wieder in Frage gestellt.

# DER UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES BUNDESUMWELTMINISTERIUMS – FORSCHUNG FÜR DIE VERBESSERUNG DER NUKLEAREN SICHERHEIT UND DES STRAHLENSCHUTZES

The Environmental Research Programme of the Federal Environmental Ministry – Research for Enhancing Nuclear Safety and Radiological Protection

Ansprechpartner:

Udo Volland (030 18333-1510)

*Since regulatory procedures must be tied as closely as possible to the current state of science and technology, the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety has established in its responsibility a comprehensive environmental research programme. One part of this programme which is mainly implemented and managed by BfS supports the goal to provide a profound basis for governmental decision making processes in order to enhance nuclear safety and radiological protection in Germany. Thus, a major task of BfS is to evaluate the results of the research programmes with respect to a further implementation in ordinances, guidelines and other types of governmental or operational rules.*

Zur Durchführung seiner gesetzlichen Aufgaben und für die geordnete und sichere Beendigung der Nutzung der Atomenergie im Rahmen einer neuen Energiepolitik hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) technisch-wissenschaftliche Fragen von grundsätzlicher Bedeutung für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen und den Schutz des Menschen vor den Gefahren ionisierender und nichtionisierender Strahlung zu klären. Für anstehende Entscheidungen sind wissenschaftlich-technische und rechtliche Grundlagen zu schaffen und komplexe Sachverhalte zu bewerten, welche die Einbeziehung externen Sachverständigen erfordern. Dazu stehen dem BMU Haushaltsmittel im Rahmen der aufgabengebundenen Ressortforschung zur Verfügung, um Untersuchungen, Gutachten und Studien zur Klärung von Einzelfragen an Universitäten, Forschungsinstitute, Sachverständigenorganisationen oder Unternehmen der freien Wirtschaft zu vergeben. Die zur Lösung aktuell anstehender Probleme auf den Gebieten der kerntechnischen Sicherheit und des Strahlenschutzes durchzuführenden Untersuchungen, Gutachten und Studien unterliegen einem jährlichen Planungsprozess mit Prioritätensetzung und sind Bestandteil des Umweltforschungsplanes (UFOPLAN), der alle geplanten Ressortforschungsvorhaben des BMU mit umweltpolitischer Bedeutung umfasst. Die Liste der prioritär durchzuführenden Vorhaben des Umweltforschungsplanes wird zu Beginn eines jeden Jahres auf der Homepage des BMU veröffentlicht und ist unter der Adresse <http://www.bmu.bund.de/forschung/aktuell/aktuell/1239.php> aufrufbar.

Das BfS unterstützt das BMU fachlich und wissenschaftlich auf den Gebieten des Strahlenschutzes und der kerntechnischen Sicherheit. Weiterhin unterstützt es das BMU fachlich und administrativ bei der Planung und Ausführung des UFOPLAN.

Das BfS ist – neben der verwaltungsmäßigen Ausführung des UFOPLAN – insbesondere für die Initiierung, fachliche Begleitung und Auswertung einzelner Untersuchungsvorhaben verantwortlich. Dabei kommt der Umsetzung der Ergebnisse dieser Untersuchungsvorhaben in behördliches Handeln eine besondere Bedeutung zu. Die Ergebnisse der Ressortforschung finden Eingang bei der Novellierung von Gesetzen und Verordnungen, Erstellung von Richtlinien, Regeln und Leitfäden sowie bei der Erteilung von Genehmigungen und bei Zulassungsverfahren für Anwendungen mit radioaktiven Stoffen.

Als Beispiele für wesentliche, auch in die Zukunft gerichtete Themenfelder des UFOPLAN sind auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit methodische Weiterentwicklungen der probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke, auf dem Gebiet der Entsorgung Fragestellungen zur Endlagerung radioaktiver Stoffe in den Wirtsgesteinen Ton und Granit als Grundlage für ein Standortauswahlverfahren eines Endlagers und im Bereich des Strahlenschutzes die biologischen Wirkungsmechanismen und gesundheitlichen Auswirkungen der nichtionisierenden Strahlung in den verschiedenen Frequenzbereichen, die Freigabe von Reststoffen aus der Stilllegung kerntechnischer Einrichtungen und der Strahlenschutz in der Medizin zu nennen.

Im Jahr 2008 wurden vom BfS insgesamt 184 Untersuchungsvorhaben administrativ betreut. Hiervon lag für 127 Vorhaben die fachliche Begleitung und Projektsteuerung bei Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des BfS. Insgesamt standen dem BfS im Jahr 2008 für die BMU-Ressortforschung 7,1 Millionen Euro für den Strahlenschutz und 20,4 Millionen Euro für die kerntechnische Sicherheit zur Verfügung.

Ab dem Jahr 2009 werden die Abschlussberichte aus Ressortforschungsvorhaben, die vom BfS fachlich begleitet wurden, in die neue BfS-Schriftenreihe "Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz" aufgenommen und als pdf-Dateien zum Download auf der Internetseite des BfS bereitgestellt.

## BEDEUTUNG DES AUFBAUS EINER BIOBANK VON EHEMALIGEN WISMUTBESCHÄFTIGTEN FÜR DEN STRAHLENSCHUTZ

Importance of a Biobank from Former Uranium Workers of the Wismut AG for Radiation Protection

Ansprechpartnerin:

Maria Gomolka (030 18333-2211)

*Biobanks are powerful tools for future research. The unique combination of biological material together with the data about occupational risk factors and other personal life style data of a donor make it a national treasure trove for molecular epidemiological studies. Yet, biobanks from radiation exposed individuals do not exist or only on a small scale worldwide. The German uranium miners of the former Wismut AG with about 200.000 employees in the 50's are the largest radiation exposed miner cohort worldwide. BfS started a pilot study together with the Research Institute of Occupational Medicine of the German Social Accident Insurance (BGFA) to collect blood, health data and occupational data from 400 of these workers. The project has undergone rigorous review from the national data protection consultant and the Ethics Commission. The biobank will be opened to research projects to investigate genetic, biochemical and metabolic factors in view of the radiation exposure and health records of the people.*

### Biobanken – eine wertvolle Ressource für die Zukunft

Biobanken sind Einrichtungen, in denen biologisches Material, wie z. B. Blut daraus isolierte Zellen und Erbsubstanz langfristig gespeichert und für zukünftige Forschung bereitgehalten werden. Was diese Banken besonders wertvoll für die Beantwortung von Forschungsfragen macht, ist die Verknüpfung der Bioproben mit Spenderdaten zu Alter, Geschlecht, Gesundheit, Krebserkrankungen, beruflichen Expositionen gegenüber Risikofaktoren, persönlichen Krankheitsrisiken durch Rauchen, Ernährungsgewohnheiten, Lebensstil etc.. Daten und biologisches Material werden hierbei organisatorisch getrennt von einander aufbewahrt und so verschlüsselt, dass ein direkter Personenbezug nicht mehr gegeben ist. Bevor eine Biobank aufgebaut werden kann, ist die Studie durch den zuständigen Datenschutzbeauftragten und die Ethikkommission zu genehmigen. Somit wird gewährleistet, dass die individuellen Persönlichkeitsrechte geschützt werden. Biobanken werden in der Regel nur dann genehmigt, wenn klare Ziele, z. B. zu zukünftigen Vorhersagemöglichkeiten, zu Erkrankungswahrscheinlichkeiten oder besonders weitreichende medizinische Nutzungsmöglichkeiten formuliert werden können. Die derzeitigen neuen technischen Möglichkeiten erlauben genetische, proteinbiochemische (Eiweiße) und metabolische (Stoffwechselprodukte) Faktoren in großen Kollektiven auf einen Zusammenhang zwischen Expositionen und Krebserkrankungen hin zu untersuchen. Dies eröffnet jetzt und in Zukunft Möglichkeiten, komplexe biologische Reaktionswege aufzuklären und somit das Risiko durch Umweltnoxen in Zusammenhang mit epidemiologischen

Daten besser bewerten und damit auch minimieren zu können.

### Biobanken in der Strahlenforschung

Weltweit stehen im Strahlenschutz bisher nur wenige bzw. sehr kleine Biobanken von strahlenexponierten Personen zur Verfügung. Die meisten bestehen aus Material bestrahlter Tumorpatienten. Das BfS hat bereits einige Studien gefördert, die Strahlenempfindlichkeitsfaktoren in Kollektiven von Prostata-, Brustkrebs-, Halstumor-, Kopftumor- und Lungentumorpatienten untersuchten. Diese Tumorpatienten unterscheiden sich aber in ihrer genetischen Ausstattung von der durchschnittlichen Bevölkerung. Um den Einfluss von Strahlung auf das Krebsrisiko in Verbindung mit biologischen Indikatoren zu untersuchen, sind große Biobanken (>1000) von Kollektiven strahlenexponierter Personen notwendig. In der Regel sind die Expositionen allerdings zu gering um Strahleneffekte auf den Gesamtorganismus in einer überschaubaren Anzahl an Probanden untersuchen zu können.

### Beruflich strahlenexponierte Gruppen – Bergarbeiter in der Wismut GmbH

In der Nachkriegszeit wurde in Sachsen und Thüringen die SAG (Sowjetische Aktiengesellschaft) bzw. ab 1954 SDAG (Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft) Wismut gegründet. Das Bergbauunternehmen war zwischen 1946 und 1990 der weltweit drittgrößte Uranerzproduzent mit über 200.000 Beschäftigten in den 50er Jahren. Ab 1990 wurde das Unternehmen in die Wismut GmbH überführt. In den Jahren zwischen 1947 und 1965 war ein Teil der Beschäftigten unter widrigsten Arbeitschutzbedingungen extrem hohen Strahlenbelastungen durch Radon und seine Zerfallsprodukte (> 1.000 Working Level Months, siehe auch Beitrag Deutsche Uranbergarbeiterstudie) ausgesetzt. Diese Strahlenbelastung führte zu einer etwa 3,3-fachen Erhöhung des Lungenkrebsrisikos im Vergleich zu Beschäftigten mit 0 WLM. Neben der Exposition durch Radon- und seine Zerfallsprodukte waren die Bergleute aber auch durch externe Gamma-Strahlung aus den Uranerzen und langlebige Radionuklide belastet. Bei den ehemaligen Beschäftigten der Wismut handelt es sich weltweit um das größte Kollektiv an Beschäftigten im Uranerzbergbau. Von diesen Personen liegen sehr gute Abschätzungen über ihre berufliche Exposition gegenüber Strahlung und anderen Noxen, wie Feinstaub, Quarzstaub und Arsen vor. Die Gesundheitsdaten dieser Personen und auch andere Informationen wie z. B. das Rauchverhalten sind gut erfasst. Das Kollektiv ist in seiner Größe, Expositionshöhe und Erfassung weltweit einmalig, um molekularepidemiologische Untersuchungen durchzuführen, die folgende Fragen beantworten können:

1. Welche genetische Faktoren führen in Zusammenhang mit Strahlung zu einem erhöhten Krankheitsrisiko?
2. Welche biologischen Indikatoren werden durch Strahlung langfristig verändert und können als Expositionsmarker für zukünftige Risikoabschätzungen verwendet werden?

### Pilotprojekt: Aufbau einer Biobank ehemaliger Wismut-Beschäftigter

Die Studie wird vom Bundesamt für Strahlenschutz finanziert und betreut, und zusammen mit dem Berufsgenossenschaftlichen Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin (BGFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung in den nächsten zwei Jahren durchgeführt. In diesem Zeitraum sollen 400 Beschäftigte geworben werden.

### Biologische Indikatoren

sind körpereigene Substanzen oder Moleküle, die mit einem bestimmten Expositions- oder Krankheitszustand einer Person einhergehen. Diese biologischen Indikatoren können z. B. veränderte oder charakteristisch auftretende Antikörper, Chromosomenveränderungen, Veränderungen der Erbsubstanz etc. sein.

Von diesen Beschäftigten werden über einen Fragebogen Gesundheitsdaten und Exposition gegenüber Strahlung und anderen Noxen erfasst und parallel dazu werden Blutproben genommen. Aus dem Blut werden Zellen und Erbsubstanz isoliert und konserviert. Die gewonnenen biologischen Materialien (Blut und Blutplasma, Blutzellen, Erbsubstanz) stehen anschließend für strahlenschutzrelevante Forschungsprojekte zur Verfügung, in welchen Veränderungen in Genen, Proteinen und Stoffwechselprodukten untersucht werden. Diese Bioproben- und Datenbank wird vom BfS eingerichtet und betrieben.



Kryokonservierung von Bioproben

## AUSSAGEKRAFT VERSCHIEDENER MOLEKULARER TESTSYSTEME ZUR CHARAKTERISIERUNG DER STRAHLENEMPFLINDLICHKEIT

Validity of Different Molecular Biomarkers for the Investigation of Cellular and Clinical Radiosensitivity

Ansprechpartnerin:

Ute Rößler (030 18333-2233)

*Estimated 5 to 10 % of tumor patients develop intensive side effects after irradiation. To minimize radiation risk individual differences of patients have to be investigated. So far many projects about individual radiosensitivity have been funded by BfS, but the results are very heterogeneous. In this project a number of potential biomarkers were compared to get better validity about experimental parameters. In an interlaboratory comparison clinical radiation sensitive patients should be differentiated from patients with normal radiation reactions by the use of various methods. In all biological assays a clear dose-response curve could be generated after in-vitro irradiation, but the correlation between the assays was not significant. In this systematical and highly standardized project the difficulty in the evaluation of those studies was demonstrated.*

Über die Hälfte aller Tumorpatienten müssen strahlentherapeutisch behandelt werden. Etwa 5 - 10 % aller Patienten entwickeln daraufhin starke Nebenwirkungen (Tab. auf Seite 74). Die Ursachen für diese Unterschiede zwischen einzelnen Personen in der Strahlenreaktion sind bisher nicht geklärt. In mehreren durch das Bundesamt für Strahlenschutz geförderten Projekten wurde mit unterschiedlichen molekular- und zellbiologischen Methoden die individuelle Strahlenempfindlichkeit untersucht. Die Ergebnisse waren dabei nicht eindeutig und ließen viele Fragen offen. So ist beispielsweise nicht geklärt, welche molekularen Mechanismen dem klinischen Erscheinungsbild (Phänotyp) zugrunde liegen. Es wird angenommen, dass eine Vielzahl von Genen zu diesem Phänotyp beitragen. Einzelne Biomarker können dieses komplexe Zusammenspiel kaum erfassen. Daher wurde in einem Untersuchungsvorhaben eine Vielzahl von potenziellen Biomarkern auf ihre Aussagekraft hin untersucht, um eine möglichst optimale Kombination experimenteller Parameter zu finden. Ziel war es, aus einem Kollektiv, bestehend aus 15 klinisch strahlenempfindlichen (s. Tab. auf S. 74) und 15 klinisch unauffälligen Patienten, mit den unterschiedlichsten Testsystemen Effekte zu ermitteln, die auf eine individuelle Strahlenempfindlichkeit hinweisen.

Das Projekt wurde als Ringstudie konzipiert. Die beteiligten Gruppen aus Heidelberg (Deutsches Krebsforschungszentrum), Münster (Universitätsklinikum Münster), Jena (Leibniz-Institut für Altersforschung) und München (Helmholtz Zentrum, BfS) untersuchten unter standardisierten Bedingungen Blut desselben Patientenkollektivs mit teils unterschiedlichen, teils auf einander abgestimmten Methoden. Dabei wurden folgende biologische Endpunkte nach In-vitro-Bestrahlung untersucht:

1. Ermittlung der Apoptoserate (programmierter Zelltod), um auf zellulärer Ebene Strahlenempfindlichkeit zu erfassen (Annexin-V-Assay).
2. Nachweis von DNA-Schäden und deren Reparatur mittels Einzelzell-Gelelektrophorese (Comet-Assay).
3. Detektion von strahleninduzierten DNA-Doppelstrangbrüchen mit Hilfe eines spezifischen Antikörpers (Gamma-H2AX-Assays).
4. Erstellung von genomweiten Profilen zur Identifizierung von Markergenen für den Phänotyp „Strahlensensitivität“ (Genexpressionsuntersuchungen).

Mit allen Testsystemen konnten nach Strahlenexposition innerhalb des Probenkollektivs Unterschiede zwischen einzelnen Personen nachgewiesen werden. Alle Testverfahren zeigten signifikante Dosis-Wirkungs-Beziehungen. Deren Kurvenverläufe waren jedoch von Labor zu Labor unterschiedlich, auffällige Befunde konnten nicht einheitlich von allen Laboren identifiziert werden. Somit konnte keines der untersuchten Testsysteme eindeutige Zusammenhänge zum klinischen Erscheinungsbild der Strahlenempfindlichkeit herstellen. Die Resultate dieser Studie zeigten somit erstmals systematisch auf, welche Problematik der Beurteilung von Strahlenempfindlichkeit durch biologische Nachweissysteme zugrunde liegt. Die Heterogenität und Qualität des Probenmaterials, aber auch die Schwankungsbereiche der Testsysteme verdeutlichen, wie schwer Studienergebnisse in diesem Forschungsgebiet zu beurteilen sind.

Oftmals werden grundlegende biologische Untersuchungen an etablierten Zelllinien durchgeführt, da diese ständig zur Verfügung stehen. Parallel zu den oben beschriebenen Untersuchungen an Blutzellen wurden Lymphozyten der Probanden mit Hilfe einer viralen Infektion in dauerhafte Zellkulturen überführt und ebenfalls den einzelnen Tests unterzogen. Alle beteiligten Arbeitsgruppen konnten unabhängig darlegen, dass sich Zelllinien grundlegend anders verhalten als ihre ursprünglichen Ausgangszellen. Dies gilt für die DNA Reparatur und das Überleben von Zellen. Damit wurde in dieser Studie belegt, dass eine Verwen-

dung von Zelllinien als Modellsystem für funktionelle Untersuchungen generell kritisch zu betrachten ist.

## ERBLICHKEIT VON ZELLULÄRER STRAHLEN-EMPFLINDLICHKEIT BEI JUNGEN LUNGEN-KREBSPATIENTEN

Heritability of Cellular Radiation Sensitivity in Young Lung Cancer Patients

Ansprechpartnerin:

Sabine Hornhardt (030 18333-2212)

*The International Commission on Radiological Protection (ICRP) estimates that up to 10 % of the general population might be radiation sensitive showing strong or even deleterious reactions after irradiation. It is important for radiation therapy and radiation protection to recognize and protect the affected persons appropriately. This article describes a study on the genetic basis of radiation sensitivity. In a case-control study and a family study the association of cellular DNA repair capacity after in-vitro irradiation of isolated lymphocytes from and single nucleotide polymorphisms of candidate genes of DNA repair pathways is tested.*

Von der internationalen Strahlenschutzkommission (International Commission on Radiological Protection, ICRP) wird der Anteil der Personen in der Bevölkerung, die besonders stark auf ionisierende Strahlung reagieren, auf bis zu 10 % geschätzt. Wichtig für Strahlenschutz und Strahlentherapie ist es daher, diese Personen rechtzeitig erkennen und vor erhöhten Strahlenbelastungen schützen bzw. gegebenenfalls alternative Therapiewege beschreiten zu können. Bei der erhöhten Strahlenempfindlichkeit spielen die genetischen Voraussetzungen eine wichtige Rolle. Daher befasst sich das BfS in seiner Arbeitsgruppe „Biologische Strahlenwirkungen/Biologische Dosimetrie“ schwerpunktmäßig mit dem Auffinden von Parametern und genetischen Grundlagen der individuellen Strahlenempfindlichkeit.

Der Begriff „Individuelle Strahlenempfindlichkeit“ umfasst dabei zwei Bereiche:

1. Die klinische Strahlenempfindlichkeit als übermäßige Strahlenreaktion des Normalgewebes nach Strahlentherapie.
2. Die individuelle Strahlenempfindlichkeit als Anfälligkeit in Bezug auf Krebsentwicklung durch ionisierende Bestrahlung.

Um Faktoren der Strahlenempfindlichkeit zu identifizieren ist es wichtig, die Reaktionen von Zellen und Geweben nach einer Exposition mit ionisierender Strahlung zu kennen. Spezifische Strahlenreaktionen in Zellen können in vitro, d. h. im Labor, schon unmittelbar nach einer Strahlenexposition nachgewiesen werden. Hierunter fallen DNA-Schäden, DNA-Reparatur, Mutationen, Chromosomen-Aberrationen, Apoptose (program-

	Akute Hautreaktionen	Späte Hautreaktionen
<b>Grad I</b>	Geringe Rötung, trockene Epithelolyse (Ablösung des Hautgewebes), Haarausfall, reduzierte Schweißbildung	geringe Atrophie (Gewebschwund), Pigmentveränderungen, geringer Haarverlust; geringe asymptotische Fibrose (bindegewebige Umwandlung), ohne Kontraktur (Versteifung, Zusammenziehung), gering reduziertes subkutanes Fettgewebe
<b>Grad II</b>	Mäßiges Erythem, vereinzelt feuchte Epithelolyse, geringes Ödem	flächige Atrophie, mäßige Teleangiektasie (<50%)(Gefäßgeschwulst, Feuermal), vö'iger Haarverlust; mäßige, asymptotische Fibrose mit <10% linearer Kontraktur, mäßig reduziertes subkutanes Fettgewebe
<b>Grad III</b>	Konfluierende feuchte Epithelolyse, starkes Ödem	ausgeprägte Atrophie, ausgeprägte Teleangiektasie (>50%); ausgeprägte (symptomatische) Fibrose mit >10% Kontraktur, stark reduziertes subkutanes
<b>Grad IV</b>	Ulzeration (Geschwür), Nekrose (Absterben von Gewebe), Blutung	Ulzeration, Nekrose, Blutung

Gegenüberstellung von klinischen Spätfolgen und Akutfolgen (nach RTOG/EORTC-Klassifizierung)

mierter Zelltod), Veränderungen in der Gen- und Proteinexpression sowie in den Zell-Signalwegen, Zellzyklus-Arrest und Zellüberleben. Dies sind somit Parameter zur experimentellen Bestimmung der Strahlenempfindlichkeit. Die meisten Strahlenschäden werden von der Zelle sehr effizient repariert. Eine verminderte Fähigkeit zur Reparatur ist möglicherweise mit einer erhöhten Strahlenempfindlichkeit gekoppelt. Darauf weisen auch bestimmte Krankheitsbilder von Patienten mit seltenen Syndromen hin, die starke Reaktionen auf Bestrahlung zeigen. Diese seltenen Krankheitsbilder sind charakterisiert durch eine Veränderung in einem Gen, das dann unter anderem zum Phänotyp „Strahlenempfindlichkeit“ führt. Auffällig ist bei diesen Syndromen, dass die mutierten Gene bzw. deren Produkte, die Proteine, eine wichtige Rolle in der Zellregulation wie Schadenserkenkung und -weiterleitung sowie in der DNA-Reparatur spielen und auf diese Weise die Reaktion der Zelle/des Organismus auf Strahlenschäden verändern. Allerdings weisen längst nicht alle Patienten mit einer starken Strahlenreaktion diese seltenen Syndrome auf, so dass offenbar auch andere, bisher im Detail noch unbekannt genetische Komponenten eine wichtige Rolle spielen müssen. Dies führte zu der Hypothese, dass weitere Faktoren an der individuellen Strahlenempfindlichkeitsreaktion beteiligt sind. Dafür spricht auch, dass Veränderungen einzelner Basen in bestimmten Genen („single nucleotide polymorphism = SNP) mit einem erhöhten Risiko für Tumorentwicklung assoziiert sind. Insgesamt beträgt der Anteil von SNP-Variationen in der DNA-Sequenz zwar nur 0,1 % am Gesamtgenom, macht aber 90 % der inter-individuellen Sequenzvariationen aus, also den individuellen Unterschied zwischen einzelnen Personen. SNPs sind technisch gut und in großer Zahl bei vielen Probanden zu untersuchen.

Basierend auf diesen Erkenntnissen wird derzeit eine Studie am BfS in Kooperation mit der Ludwig-Maximilians-Universität/Helmholtz Zentrum München und der Universität Göttingen zur Strahlenempfindlichkeit durchgeführt („Untersuchung zu genetischen Faktoren der individuellen Strahlenempfindlichkeit in Lungenkrebsfamilien“). Die Hypothese ist, dass identische Zellregulationswege sowohl die Strahlenempfindlichkeit als auch die Entwicklung bestimmter Krebserkrankungen beeinflussen. Bei Lungenkrebspatienten, deren Krankheit in jungen Jahren (< 50 Jahre) auftritt, ist von genetisch bedingten Faktoren als Krankheitsauslöser auszugehen, die sich in einer verminderten DNA-Reparaturkapazität als zelluläre Antwort auf eine In-vitro-Bestrahlung zeigt. Dabei wird die In-vitro-Strahlenreaktion an isolierten Lymphozyten aus einer Blutspende von ausgewählten Probanden in Form von DNA-Schaden und DNA-Reparaturkapazität (Comet-Assay), sowie der Genotyp von ausgewählten DNA-Reparaturgenen (SNP-Analyse) bestimmt. Bei den so genannten Kandidatengenomen aus verschiedenen DNA-Reparaturwegen handelt es sich um Gene, deren Einfluss auf eine Strahlenreaktion denkbar bzw. in Experimenten belegt ist. Mit statistischen Verfahren wird eine Assoziation von den experimentellen Daten zur zellulären Strahlenreaktion nach In-vitro-Bestrahlung mit den ausgewählten SNPs überprüft.

Im ersten Teil der Studie wird ein Fall-Kontrollansatz benutzt, bei dem ein Vergleich von betroffenen mit nicht betroffenen Probanden vorgenommen wird. Hier werden die Daten von 200 jungen Lungenkrebspatienten (LUCY-Kohorte, Lung Cancer in the Young, [www.helmholtz-muenchen.de](http://www.helmholtz-muenchen.de)) mit denen von 200 gesunden Kontrollpersonen (KORA-Kohorte, Kooperative Gesundheitsforschung in der Region Augsburg) verglichen.

Ein zweiter Teil der Studie ist als so genannte Familienstudie angelegt, in der mehr als 1000 Personen untersucht werden. Mit diesem Ansatz wird die Erbllichkeit der Effekte bzw. der genetischen Daten untersucht. Dabei werden die experimentellen Daten zur DNA-Reparatur (Abb. unten) und die SNP-Analysen der ausgewählten Kandidatengene von 185 Familien der LUCY-Kohorte, bestehend aus mindestens drei Familienmitgliedern (Triplett = Lungenkrebspatient mit mindestens zwei Geschwistern und/oder Eltern) und 24 Drei-Generationen-Familien (Patient, Eltern, Kinder), mit speziellen statistischen Verfahren ausgewertet. Für zukünftige genetische Untersuchungen werden aus den isolierten Lymphozyten durch Immortalisierung Zelllinien angelegt. Diese Bioprobenbank der LUCY-Patienten und ihrer Familienangehörigen umfasst zur Zeit (Stand 15.9.2008) 706 Zelllinien. Mit Ergebnissen der Studie ist Anfang 2009 zu rechnen.



**Automatische mikroskopische Auswertung des Comet-Assays, automatischer Objektträgerwechsler, Mikroskop, Auswertebildschirm (v. r.). Für jeden Probanden der Studie werden zur Erfassung des DNA-Schadens nach In-vitro-Bestrahlung (137-Cs-Quelle) und der DNA-Reparatur-Kapazität vier Messpunkte betrachtet. Im so genannten Comet-Assay werden die isolierten Blutzellen der Probanden nach Behandlung in einer dünnen Agarose-Schicht auf den Objektträger aufgebracht, lysiert und einer Elektrophorese unterzogen. Die DNA-Schäden zeigen sich nach einer Färbung dann als aus dem Zellkern ausgetretene Partikel in Form eines Schweifs („Komet“). Die Größe und Intensität des Schweifs ist proportional dem DNA-Schaden und kann mit Hilfe einer Auswertesoftware exakt vermessen werden. Insgesamt wurden ca. 8.000 Objektträger präpariert und die Daten von ca. 2.400.000 Zellen erfasst.**

# SICHERHEITSNACHWEIS FÜR RECHNERGESTÜTZTE SICHERHEITSLITTECHNIK MIT VORGEFERTIGTER SOFTWARE ZUM EINSATZ IN KERNKRAFTWERKEN

Safety Demonstration for the Application of Computer-based Safety I&C with Pre-existing Software in Nuclear Power Plants

Ansprechpartner:

Freddy Seidel (030 18333-1548)

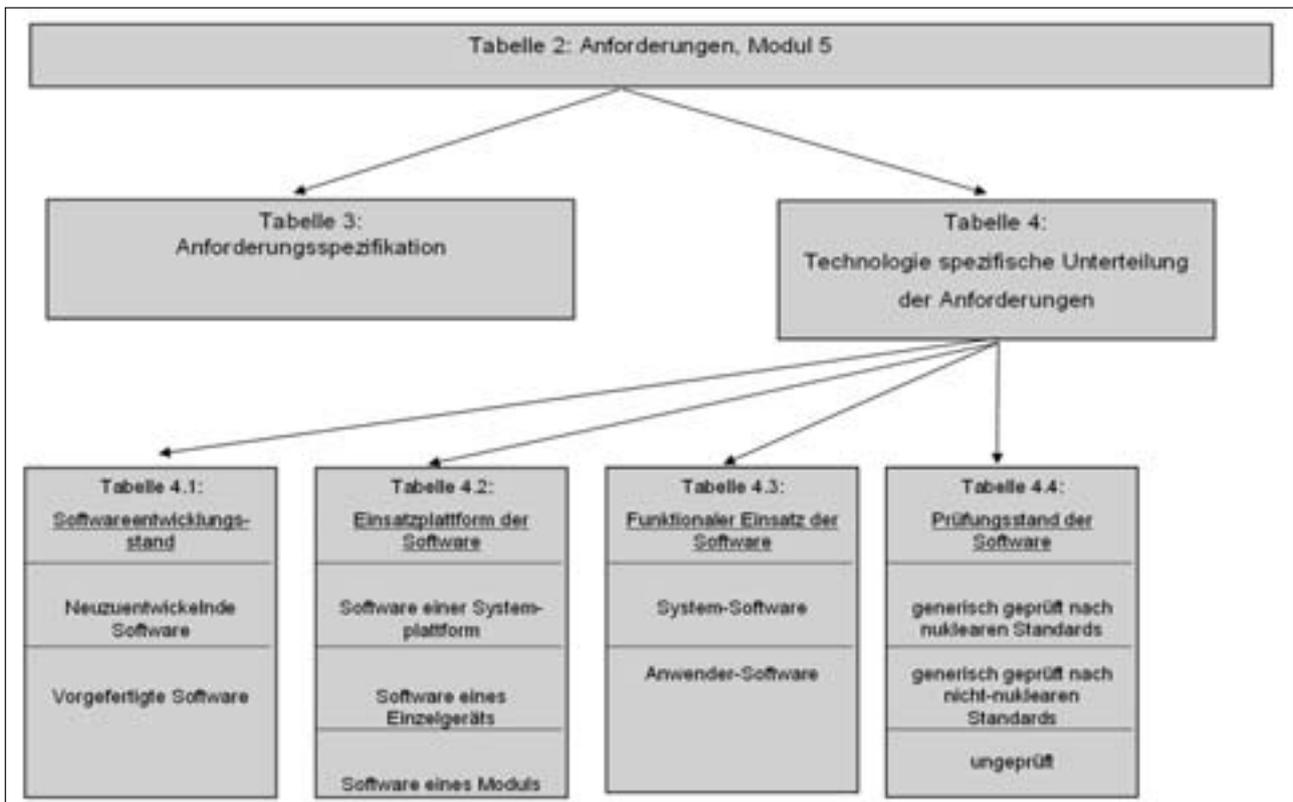
*As the main result of the research project a systematic procedure is proposed to refer from the top level requirements of the "Safety requirements for nuclear power plants" concerning instrumentation and control (I&C) which are compiled in Module 5 "Requirements on I&C and accidental instrumentation" to the detailed requirements of branch specific standards. Particularly the I&C specific DIN IEC standards are referred to which are endorsed for the application in Germany.*

*In a second report the requirements on computer-based safety I&C are allocated to the main issues which have to be addressed for safety demonstration. This makes the complexity of distinct demonstration objectives more transparent, as it is known for instance from long lasting discussions about measures to cope with systematic failures.*

Die Sicherheitsleittechnik überwacht und begrenzt automatisch die Werte der Sicherheitsparameter (Drücke,

Temperaturen, Füllstände, Neutronenflussdichte etc.) und löst bei Grenzwertüberschreitung Sicherheitsmaßnahmen wie Leistungsabsenkung, Turbinenschnellverschluss oder Reaktorschnellabschaltung aus. Beim Bau der Kernkraftwerke wurden fest verdrahtete leittechnische Einrichtungen mit analoger Relais- und Transistortechnik eingesetzt. Diese Bauteile sind heute nur noch sehr aufwändig instand zu setzen oder herzustellen. Die Umrüstung der Leittechnik auf eine Technik, mit der Messwerte und Betriebsdaten Software-basiert verarbeitet werden, hat deshalb auch in den in Deutschland betriebenen Kernkraftwerken begonnen.

Für eine Umrüstung von Sicherheitseinrichtungen muss der Anlagenbetreiber nachweisen, dass die Änderungen zu keiner Beeinträchtigung der Anlagensicherheit führen werden. Im Fall des Einsatzes neuer Technologien wie der Software-basierten Leittechnik ist dazu ein aktualisiertes Regelwerk erforderlich. Die übergeordneten Anforderungen an den Einsatz Software-basierter leittechnischer Einrichtungen im Sicherheitssystem von Kernkraftwerken sind im modular aufgebauten Regelwerksentwurf des Bundesumweltministeriums (BMU), den „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke“, formuliert, und zwar im Modul 5. Die Regel KTA 3501 mit Basisanforderungen an die „Leittechnik des Sicherheitssystems“ wird derzeit noch novelliert. Außerdem müssen die übergeordneten Anforderungen durch Detailanforderungen aus einschlägigen internationalen Standards der International Electrotechnical Commission (IEC) ergänzt werden.



Auszug aus dem Tabellenwerk zu Modul 5, das übergeordnete Anforderungen an den Einsatz Software-basierter Leittechnik mit Detailanforderungen aus dem fachspezifischen Regelwerk verknüpft

Ausgewählte IEC-Standards stehen dafür bereits als ins Deutsche übersetzte DIN-IEC-Normen zur Verfügung.

Konzeptionelle Vorarbeiten zu diesem Vorhaben sind im BfS-Fortschrittsbericht „Qualifizierungs- und Genehmigungsanforderungen zum Einsatz rechnergestützter Sicherheitstechnik in kerntechnischen Anlagen“ beschrieben. Im Ergebnisbericht des zum Ende 2008 abgeschlossenen Vorhabens wird der Bezug des Moduls 5 zu Anforderungen des detaillierten Fachregelwerks (KTA-Regeln, DIN-IEC-Normen) erläutert. Die Verweise auf Fachregelabschnitte sind tabellarisch aufgebaut und hierarchisch geordnet.

Die Tabellen der unteren Anwendungsebene verweisen auf Anforderungen an unterschiedliche Software-Arten wie z. B. an anwendungsspezifisch entwickelte Software oder Standardsoftware (s. Abb. S. 76). Die Anwender wie z. B. Gutachter und Behörden werden damit bei der Überprüfung unterstützt, ob und wie im Sicherheitsnachweis des Antragstellers Fachregeln zur Erfüllung der übergeordneten Sicherheitsanforderungen berücksichtigt worden sind.

In einem Zusatzbericht zum Vorhaben werden die Anforderungen nicht nur entsprechend der Systematik von

Betrachtungsfelder	Anforderungen an den Sicherheitsnachweis
<b>Anforderungsspezifikation (Pflichtenheft)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Beschreibung der für das System geforderten Funktionalität, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit</li> </ul>
<b>Funktionalität,</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ detaillierte und begründete Spezifikation der Funktionsanforderungen</li> </ul>
<b>Leistungsfähigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verarbeitungsumfang und Verarbeitungsgeschwindigkeit, abgesichert durch hinreichende Ressourcen und Reserven</li> </ul>
<b>Auslegung (Lastenheft)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anforderungen zur Systemauslegung (Architektur)</li> <li>▪ Anforderungen an Hard- und Software</li> <li>▪ Design, Systemarchitektur</li> </ul>
<b>Zuverlässigkeit</b> (Probabilistische/deterministische Kenndaten für Komponenten und Systeme)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verfügbarkeit im Betrieb: Wartungsaufwand, Ausfallraten, ermittelt durch Zuverlässigkeitsanalyse und Betriebserfahrung</li> <li>▪ Unabhängigkeit: Redundanz, Diversität, räumliche Trennung</li> <li>▪ Zeittoleranz</li> </ul>
<b>Fehlerverhalten und Fehlermanagement</b> (Auswirkungen von Fehlern, Ausfallkombinationen, Fehlerkonzepte)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fehlervermeidung, z. B. durch geeignete Auslegung und Qualifizierung</li> <li>▪ Fehlererkennung, z. B. durch Selbsttests (Erkennungszeit, Meldeverfahren)</li> <li>▪ Fehlerbeherrschung, z. B. durch Fehlerbarrieren (physische und funktionelle Isolierung, Vermeidung von Seiteneffekten, Folgefehlern und CCF)</li> <li>▪ Fehlertoleranz (z. B. durch sicherheitsgerichteten Ausfall)</li> <li>▪ Fehlerbehebung (Selbsttests mit anschließenden Maßnahmen wie Reparatur und Modifikation)</li> </ul>
<b>Funktionssicherheit (Safety)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unabhängigkeit, räumliche Trennung</li> <li>▪ Vermeidung von Funktionskonzentration</li> <li>▪ definiertes Systemverhalten, definierte Ausfallrichtung</li> <li>▪ automatische Schutzaktionen, Vorrangregelungen</li> <li>▪ Selbsttests und Selbstüberwachung, Protokollierung und Quittierung</li> <li>▪ Störfallfestigkeit, hinreichende Reserven</li> </ul>
<b>Robustheit</b> (bei physikalischen oder funktionellen Störungen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eignungsqualifizierung</li> <li>▪ Verfügbarkeit, Modifizierbarkeit</li> </ul>
<b>Sicherung</b> (Security)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zugriffsschutz</li> <li>▪ Vorkehrungen zur Sicherung der Integrität leittechnischer Einrichtungen einschließlich Software</li> <li>▪ Verfügbarkeit der Sicherheitsfunktionen einschließlich Daten</li> <li>▪ Schutzzonenkonzept (administrative, physikalische und technologische Sicherheitsbarrieren)</li> </ul>
<b>Komplexität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ einfacher Aufbau, einfache Funktionsweise</li> <li>▪ geringer Funktionsumfang (auf Notwendiges begrenzt)</li> <li>▪ geringer Vernetzungsumfang</li> <li>▪ Übersichtlichkeit (Struktur)</li> </ul>
<b>Benutzbarkeit / Bedienbarkeit</b> (Mensch-Maschine-Kommunikation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verständlichkeit, Handhabbarkeit (Einrichtungen für Handmaßnahmen)</li> <li>▪ Übersichtlichkeit (Struktur, Visualisierung)</li> </ul>

Zusammenstellung Technologie-unabhängiger Betrachtungsfelder, die beim Sicherheitsnachweis für Software-basierte Leittechnik berücksichtigt werden

Modul 5 sondern auch nach so genannten Betrachtungsfeldern geordnet. Diese Betrachtungsfelder wurden aus der bisherigen Begutachtungspraxis zu einschlägigen Umrüstungsprojekten abgeleitet. Ein Betrachtungsfeld umfasst die Anforderungen an z. T. sehr unterschiedliche Sachverhalte, die beim Nachweis einer sicherheitstechnisch wichtigen Eigenschaft der Leittechnik zu berücksichtigen sind. Damit wird einerseits die Komplexität der Nachweisaussage offensichtlich, andererseits kann die Zusammenstellung der Sachverhalte als Checkliste für den Sicherheitsnachweis genutzt werden.

In der Tabelle auf Seite 77 sind exemplarisch die Betrachtungsfelder zum Nachweis Technologie-unabhängiger Systemeigenschaften zusammengestellt. Im Zusatzbericht wird außerdem auf die Betrachtungsfelder zum Nachweis der Erfüllung administrativer Anforderungen sowie zum Nachweis Technologie-spezifischer Geräteeigenschaften eingegangen. Diese Anforderungen sind in den DIN-IEC-Fachnormen detailliert beschrieben.

Beispielsweise tragen zum Nachweis, dass die Leittechnik des Sicherheitssystems in KKW gegen systematische Ausfälle qualifiziert ist, sowohl Argumente der Leittechniksystemauslegung (hierzu wird im Betrachtungsfeld „Zuverlässigkeit“ auf Anforderungen an Redundanz und Diversität verwiesen, s. Tab. S. 77) und Gerätequalifizierung (z. B. Hardware-Typtest, Software-Analyse und Funktionstest) als auch administrative Maßnahmen (wie Instandhaltungsordnung, Konfigurations- und Änderungsmanagement) bei.

Mittels der oben beschriebenen Verfahrensweise kann der Sicherheitsnachweis für Software-basierte Leittechnik strukturiert und der Bezug zum Fachregelwerk systematisiert werden. Die Komplexität einzelner Nachweisziele wird dargestellt. Die Systematik kann dazu beitragen, dass beim Sicherheitsnachweis Interpretationsspielräume, die bei der Anwendung der Fachregeln entstehen können, identifiziert und ergebnisorientiert (sicherheitsorientiert) bewertet werden.

# BfS: FAKTEN UND ZAHLEN

BfS: Facts and Figures

## Haushalt und Personal

Budget and Personnel

Ansprechpartner:

Reinhard Naß (030 18333-1201)

Das Bundesamt für Strahlenschutz ist eine selbständige wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Gegründet wurde das BfS am 1.11.1989 mit dem Ziel, Kompetenzen auf den Gebieten Strahlenschutz, kerntechnische Sicherheit, Transport und Aufbewahrung von Kernbrennstoffen sowie Endlagerung radioaktiver Abfälle zu bündeln.

Das BfS befasst sich im Einzelnen mit Fragen des Strahlenschutzes in der Medizin, den Auswirkungen der UV-Strahlung und der elektromagnetischen Strahlung sowie der durch natürliches Radon verursachten Strahlenbelastung. Das BfS untersucht und überwacht die Strahlenbelastung der Bevölkerung und bewertet gesundheitliche Risiken. Für beruflich strahlenexponierte Personen wird ein Strahlenschutzregister geführt, das die individuelle Erfassung von Strahlenbelastungen gewährleistet.

Das BfS ist Genehmigungs- und Zulassungsbehörde bei der Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlung am Menschen in der medizinischen Forschung, bei der Beförderung von Kernbrennstoffen und Großquellen sowie Zulassungen von Versandstücken, ferner für die

Dienstort	Höherer Dienst	Gehobener Dienst	Mittlerer Dienst	Einfacher Dienst	Auszubildende	Gesamt
Salzgitter	131	60	111	4	17	323
Berlin	44	11	44	2	5	106
Neuherberg	71	38	50	2	8	169
Freiburg	10	6	15	1	2	34
Bonn	20	3	13	-	-	36
Gorleben	-	1	1	-	-	2
Rendsburg	1	1	7	-	-	9
	<b>277</b> (40 %)	<b>120</b> (18 %)	<b>241</b> (36 %)	<b>9</b> (1 %)	<b>33</b> (5 %)	<b>680</b> (100 %)

### Beschäftigte nach Dienstorten und Laufbahnen (Jahresdurchschnitt - Teilzeitkräfte werden wie Vollzeitkräfte gezählt)

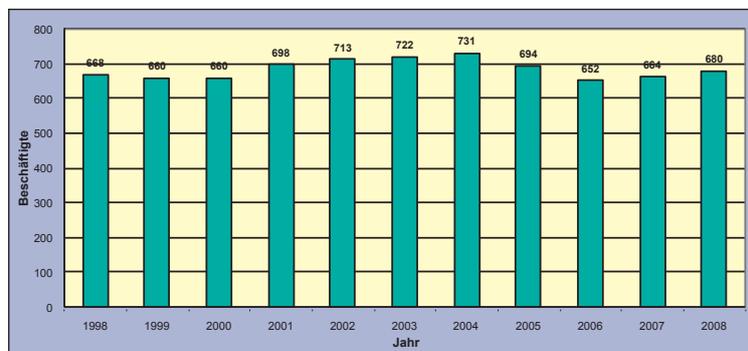
Nach § 1 Abs. 2 des Gesetzes über die Errichtung eines Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS-Errichtungsgesetz) hat das im Wesentlichen in vier Fachbereiche und die Zentralabteilung gegliederte BfS seinen Sitz in Salzgitter. Weitere Standorte befinden sich in Oberschleißheim-Neuherberg bei München, Berlin-Karlshorst, Freiburg, Bonn, Rendsburg und Gorleben.

Die Aufgaben des BfS ergeben sich aus § 2 des Errichtungsgesetzes. Danach erledigt das BfS "Verwaltungsaufgaben des Bundes auf den Gebieten des Strahlenschutzes einschließlich der Strahlenschutzvorsorge sowie der kerntechnischen Sicherheit, der Beförderung radioaktiver Stoffe und der Entsorgung radioaktiver Abfälle einschließlich der Errichtung und des Betriebs von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung, die ihm durch das Atomgesetz, das Strahlenschutzvorsorgegesetz oder andere Bundesgesetze oder auf Grund dieser Gesetze zugewiesen werden".

Das BfS unterstützt das BMU fachlich und wissenschaftlich auf den vorgenannten Gebieten, insbesondere bei der Wahrnehmung der Bundesaufsicht, der Erarbeitung von Rechts- und Verwaltungsvorschriften sowie bei der internationalen Zusammenarbeit.

Zwischenlagerung von Kernbrennstoffen, für Bauartzulassungen nach den Vorschriften der Röntgenverordnung (RöV) und der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV).

Das BfS hatte 2008 im Jahresdurchschnitt 680 Beschäftigte. Die Tabelle oben dokumentiert die Verteilung der Beschäftigten auf die Standorte und die Zuordnung zu den Laufbahnen.



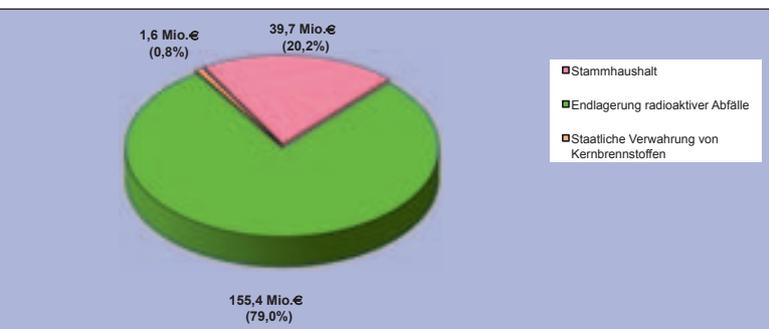
### Entwicklung der Beschäftigtenzahl im BfS

Die Entwicklung der Beschäftigtenzahl zeigt die vorstehende Grafik. Hinzu kommen 43 Beurlaubte, Freigestell-

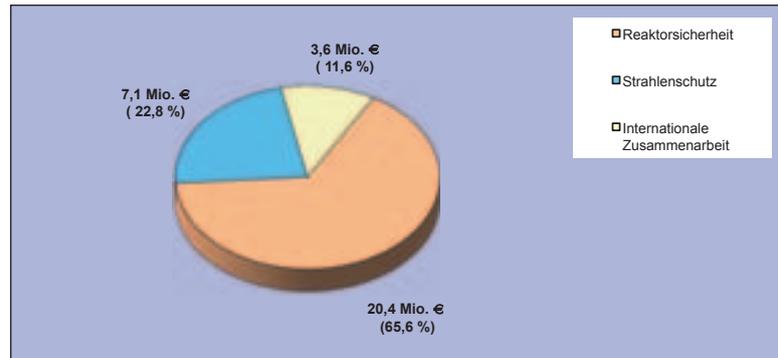
te und zum BMU Abgeordnete im Jahr 2008. Der Anstieg der Beschäftigtenzahl 2008 beruht auf der Einstellung von zusätzlichem Personal für die Errichtung des Endlagers Konrad.

Der Zuwachs 2001 war bedingt durch die Einstellung von zusätzlichem befristetem Personal für die Projektgruppe „Genehmigung von Zwischen- und Interimslagern“. Die Projektgruppe hatte Ende 2004 ihre Arbeit beendet und wurde aufgelöst. Infolgedessen sank die Beschäftigtenzahl im Jahre 2005.

Die Verringerung der Beschäftigtenzahl 2006 beruht im Wesentlichen auf einer Änderung der Bemessungsgrundlage der Beschäftigten. Bisher wurden alle Beschäftigten einschließlich der Beurlaubten, freigestellten und der abgeordneten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter berücksichtigt (mit diesen hatte das BfS im Jahresdurchschnitt 676 Beschäftigte). Ab 2006 erfolgt dies nur noch bezüglich der aktiv für das BfS Tätigen.



Haushaltsausgaben 2008 im BfS



**Ausgaben 2008 für Ressortforschung**

Die Erhöhung der Beschäftigtenzahl 2007 ist mit der Anschlussbeschäftigung von Auszubildenden in einem befristeten Beschäftigungsverhältnis und der Einrichtung der Infostelle Konrad (ISK) begründet.

Dem BfS standen 2008 zur Erfüllung seiner Aufgaben rd. 196,7 Millionen Euro zur Verfügung, die sich wie folgt verteilen:

Von den Ausgaben für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Höhe von rd. 155,4 Mio. € gehen allein 122,1 Mio. € für die Projekte Konrad und Gorleben sowie die Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben an die Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE).

Aus dem Umweltforschungsplan des BMU standen dem BfS für Untersuchungen, Studien und Gutachten, die dem BMU als Entscheidungshilfen dienen, im Jahr 2008 Haushaltsmittel in Höhe von rd. 31,1 Millionen Euro für die in der oben stehenden Grafik angeführten Bereiche zur Verfügung.

# PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Press and Public Relations

## Öffentlichkeitsarbeit

Public Relations

Ansprechpartner:

Dirk Daiber (030 18333-1310)

Am 15. Mai 2008 öffnete INFO KONRAD, die Informationsstelle des BfS zum geplanten Endlager Konrad in der Innenstadt von Salzgitter ihre Tore. INFO KONRAD bietet mehrere Schwerpunkte, z. B. Modelle der kommenden Endlagereinrichtungen an Schacht Konrad 2, ein Kino mit einem ca. 15-minütigen Film zum Einlagerungsverfahren, eine gläserne Galerie zum gesamten Projekt und großflächige Touchscreens zur eigenständigen Informationssuche durch die Besucher. Ergänzt wird das Angebot durch einen Monitor im Schaufenster der Infostelle, der im Stundentakt die natürlich vorkommende Umweltradioaktivität an vier Standorten in Deutschland vergleicht, darunter auch Konrad 2. Diese Darstellung findet sich auch im Internetauftritt von Konrad [www.endlager-konrad.de](http://www.endlager-konrad.de). Ergänzt wird sie dort durch eine interaktive Karte mit den ODL-Sonden im Umkreis der Schachanlage Konrad. Internetnutzer aus der Region interessieren solche Messwerte ganz besonders, wie die Statistiken belegen. Insgesamt stellt die Konrad-Homepage eine Fülle von Informationen rund um Konrad dar und bietet Bürgerinnen und Bürger in einem Forum auch Feedbackmöglichkeiten. 24.500 Internet-Nutzer besuchten von Mai bis Ende Dezember 2008 die Seite.

Neben Führungen durch die Infostelle haben Interessierte auch die Möglichkeit, die Schachanlage Konrad zu befahren und sich direkt unter Tage einen Eindruck zu verschaffen.

Dieses Angebot wird sehr intensiv von den unterschiedlichsten Interessengruppen genutzt. Zwischen 20 und 30 Personen fahren täglich in die Grube ein.

Ergänzt wird das Informationsangebot von INFO KONRAD und der Internetseite durch verschiedene Broschüren. Die Broschüre „Antworten auf die meistgestellten Fragen“ stellt die wichtigsten Informationen zu Konrad in einer leicht verständlichen Art dar. Darüber hinaus behandelt die Broschüre „Wissen schafft Vertrauen“ Konrad auf wissenschaftlichem Niveau.

2009 ist geplant, mit einer mobilen Ausstellung Menschen aus der Region zu erreichen, die nicht die Möglichkeit haben, in die Infostelle zu kommen. Mit einem Fahrzeug wird sich INFO KONRAD an verschiedenen Standorten der Region vorstellen.

Auf Vorschlag von Bundesumweltminister Sigmar Gabriel und Bundesforschungsministerin Annette Schavan hatte das Bundeskabinett am 5. November beschlossen, dass die Schachanlage Asse ab dem 1. Januar 2009 vom Bundesamt für Strahlenschutz betrieben wird. Damit ist der Weg frei für eine Stilllegung der Asse nach Atomrecht. Die Übernahme der Verantwortung als Betreiber beinhaltet gleichzeitig die Notwendigkeit, die Öffentlichkeitsarbeit zu verbessern und transparent zu organisieren. Die Einrichtung einer Informationsstelle war auch hier dringend geboten. Zur Errichtung der Infostelle blieb sehr wenig Zeit. Die Infostelle Asse wurde am 5. Januar 2009 eröffnet. Seitdem steht sie werktags von 10 - 18 Uhr und samstags von 10 - 13 Uhr der Öffentlichkeit zur Verfügung.

Die Infostelle verfügt über zwei Ebenen. Im Erdgeschoss werden in einem Medienraum Animationen zum Thema Asse gezeigt. Diese umfassen das Grubengebäude und seinen Aufbau (3-D-Animationen), die Gebirgsmechanik, den Wasserzutritt und früher praktizierte Verfahren der Einlagerung. Die Computeranimationen ermöglichen es auch dem Laien, sich einen fachlich korrekten Zugang zur komplexen Materie via Bild und Ton zu verschaffen. In der Zukunft wird der Weg, den das BfS bei der Stilllegung der Anlage einschlagen wird, in gleicher Weise verständlich und nachvollziehbar dargestellt werden. Im „Café“ besteht für ca. 30 Personen die Möglichkeit, Präsentationen anzuschauen oder sich über das Thema Asse mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auszutauschen.

Über einen großen Bildschirm kann präsentiert, kommuniziert und auf das Internet zugegriffen werden. Darüber hinaus wird hier klassische Öffentlichkeitsarbeit mit Tafeln und Texten betrieben. Die Infostelle soll in der Zukunft Bürgerinnen und Bürgern sowie den Bürgerinitiativen Angebote zu einer dialogisch ausgerichteten Kommunikation machen.



BfS-Präsident Wolfram König eröffnet die Infostelle.



**Journalisten bei der Eröffnung der Informationsstelle Asse**

Neben der Einrichtung der Infostelle wird die lokale Bevölkerung ab 2009 mit einem zeitungssähnlichen Format „Asse-Einblicke“ über aktuelle Ereignisse auf dem Laufenden gehalten. Asse-Einblicke ist eine journalistisch geprägte Publikation, die im regelmäßigen Rhythmus erscheinen soll. Starttermin für die erste Ausgabe war Januar 2009. Neben dem im zweiten Halbjahr 2008 alles beherrschenden Thema Asse hat die Öffentlichkeitsarbeit des BfS vielfältige andere Aktivitäten entfaltet, um die Aufgaben des BfS der Öffentlichkeit transparent zu machen.

### **13. Umweltfestival Berlin**

Am 1. Juni 2008 veranstaltete die GRÜNE LIGA zum 13. Mal das UMWELTFESTIVAL in Berlins Mitte. Traditioneller Auftakt war die Fahrradsternfahrt BERLIN FÄHRT RAD des ADFC.

Nach Veranstalterangaben haben 120.000 Besucherinnen und Besucher die Gelegenheit genutzt, sich hautnah über Umweltthemen zu informieren. Der Informationsstand des BfS war regelmäßig umlagert. Die Möglichkeit, die eigene Sonnenbrille zum Schutz der Augen vor schädlicher UV-Strahlung vermessen und bewerten zu lassen, fand bei strahlend blauem Himmel großes Interesse. Weiterhin im Mittelpunkt standen Fragen ums Handy.

### **Internationale Funkausstellung IFA Berlin, 29.08.08 bis 03.09.08**

220.000 Besucher, 1.245 Aussteller – das sind die beeindruckenden Zahlen der Internationalen Funkausstellung in Berlin im Jahr 2008. Einer dieser Aussteller war das Bundesamt für Strahlenschutz.

Mit einem 61 m<sup>2</sup> großen Stand präsentierte das BfS seine Arbeiten auf dem Gebiet der nichtionisierenden Strahlen. Mit zwei Exponaten wurden die Messebesucher für die Arbeiten des BfS sensibilisiert, einer Messung der

spezifischen Absorptionsrate (SAR) von Handys und einer Demonstration von Messungen niederfrequenter elektrischer Felder. Insbesondere das Exponat „Handymessung“ sorgte für immensen Zulauf auf dem BfS-Stand, da jeder Besucher sein eigenes Handy ausmessen lassen konnte und über strahlungsarme Handys und Verhaltensmaßnahmen beim mobilen Telefonieren informiert wurde. Der gut gelegene Stand des BfS in einem von vielen Messebesuchern frequentierten Bereich (Navigationssysteme und Telekommunikation) war als Plattform für die Informationen des BfS bestens geeignet und wurde sehr gut angenommen. So kam das Standpersonal mit den Besucherinnen und Besuchern schnell ins Gespräch und nicht selten wurde über die volle Bandbreite der BfS-Aufgaben informiert und diskutiert.

Mit dem Stand auf der IFA ist es dem BfS gelungen, sich als Ansprechpartner für alle Fragen des Strahlenschutzes darzustellen. Auch im „Nachmessegeschäft“, also bei telefonischen Anfragen und Infomaterialbestellungen, wurde immer wieder ein Bezug zum Standbesuch deutlich.

### **Erweiterung des Internet-Auftritts durch multimediale Komponenten**

Inzwischen ist der BfS-Internetauftritt zu einer großen Datenbank angewachsen, mit der fast alle Bürgerfragen beantwortet werden können. Jedoch muss erstens der Suchende wissen, wo etwas steht, und zweitens muss seine Aufmerksamkeit gewonnen werden.

Durch die Entwicklung der Flash-Technik ist es möglich geworden, mit relativ einfachen Mitteln Internetauftritte mit multimedialen Komponenten wie Ton und Film auszustatten. Das BfS hat sich deshalb entschieden, solche Komponenten einzusetzen, soweit dadurch die Verständlichkeit für die fachlichen Inhalte verbessert werden kann. Es wurde mit einer besonders schwierigen Materie wie der Endlagerung radioaktiver Abfälle begonnen, solche Technik einzusetzen (s. Abb. S. 83). Ziel ist es, die unterschiedlichen Endlagerprojekte in vergleichender Darstellung mit multimedialen Komponenten anschaulich zu präsentieren. Neben erklärenden Standbild- und Filmaufnahmen werden insbesondere durch Animationen Vorgänge verdeutlicht. So können Prozesse in tiefen Erdschichten, die für die Endlagerung eine wesentliche Rolle spielen, anschaulich erläutert werden.

Da die Umsetzung zu den Projekten Morsleben und Konrad bereits Mitte des Jahres durchgeführt war, konnte schnell auf die Diskussion um das Endlager Asse II reagiert werden. Innerhalb kurzer Zeit sind zu wesentlichen Problemen in der Asse Filmsequenzen erstellt und im Internet veröffentlicht worden. Jedes wesentliche Fachgutachten mit oft über 100 Seiten Umfang konnte in kurze, allgemeinverständliche Sequenzen umgesetzt werden und die öffentliche Diskussion ein Stück weit versachlicht werden. Der Flash-Auftritt ist direkt über [http://bfs.shuttle.de/\\_Endlager.html](http://bfs.shuttle.de/_Endlager.html) oder über den BfS-Auftritt unter **Endlager>Microsite** erreichbar.



Screenshot des Flash-Auftrittes zum geplanten Endlager Konrad auf den Internetseiten des BfS

## Pressearbeit

Press Activities

Ansprechpartner:

Florian Emrich (030 18333-1130)

### Salzleiche in Gorleben

November 2008 in Gorleben. Auf der Salzhalde unmittelbar neben dem Erkundungsbergwerk Gorleben findet die Polizei die Leiche eines vermissten Wachmannes des Bergwerks – glücklicherweise handelt es sich dabei nur um eine fiktive Geschichte. Denn im Tatort „Salzleiche“ des NDR macht sich Maria Furtwängler als Kommissarin Lindholm auf die Suche nach dem Mörder. Es entwickelt sich ein spannender Krimi, in dem die bis heute weltweit ungelöste Frage der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle und die Geschichte Gorlebens einem Millionenpublikum nahe gebracht wird. Die Kommissarin ermittelt auch im Bergwerk selbst, die kontrovers geführte Diskussion um die Endlagerung wird allgemein verständlich und aus ungewohnter Perspektive dargestellt. Der Tatort wird mit einem Marktanteil von 26 Prozent eindeutiger Tagessieger des Sonntagabendprogramms und avanciert mit 9,3 Millionen Zuschauern zum zweit erfolgreichsten Tatort des Jahres 2008. Möglich gemacht hatte die Sendung unter anderem das BfS, das das Tatort-Team bei umfangreichen Dreharbeiten im Bergwerk, auf dem obertägigen Gelände und der danebenliegenden Salzhalde unterstützte. Nach einem Tatort rund um den Mobilfunk 2007 diente so zum zweiten Mal ein zentrales Thema des BfS als Vorlage für einen spannenden und vielbeachteten Krimi.



Maria Furtwängler ermittelt als Kommissarin Lindholm im Erkundungsbergwerk Gorleben (Foto: NDR/Nik Konietzny/Carles Carabi Negueruela).

Aber auch abseits fiktiver Kriminalgeschichten war die Endlagerung radioaktiver Abfälle einer der Schwerpunkte der Pressearbeit des BfS. BfS-Präsident Wolfram König stellte in Interviews mit überregionalen Medien wie beispielsweise dem Tagesspiegel im Juli, der Frankfurter Rundschau im August oder dem ZDF Heute Jour-

nal im Oktober den aktuellen Stand der Endlagerung in Deutschland und weltweit dar. Vom 30. Oktober bis 1. November schließlich lud Umweltminister Sigmar Gabriel zu einem internationalen Endlager-Hearing in Berlin ein, auf dem anerkannte Wissenschaftler sowie unterschiedliche Interessenvertreter zusammengebracht wurden. Dabei zeigte sich, dass der Vergleich verschiedener Alternativen mittlerweile international anerkannter Stand von Wissenschaft und Technik ist. Das BfS war mit seiner Expertise gern gesehener Ansprechpartner für die Medien. Rund um die Tagung führten Vertreter des BfS Gespräche und Interviews mit zahlreichen Medien von Rundfunk, Fernsehen und Tageszeitungen. So nutzte beispielsweise die ARD das Hearing, um unterschiedliche Aspekte der Endlagerung zu beleuchten. Experten des BfS standen dem Sender in Beiträgen für die Tagesthemen, dem Mittagmagazin und dem Morgenmagazin Rede und Antwort.

### Schacht Konrad im Fokus der Öffentlichkeit

Im Fokus der Öffentlichkeit stand 2008 vor allem Schacht Konrad in Salzgitter, das derzeit zu Deutschlands einzigem nach Atomrecht genehmigten Endlager für leicht- und mittelradioaktive Abfälle umgerüstet wird. Am 15. Mai eröffnete das BfS im Zentrum von Salzgitter-Lebenstedt seine neue Informationsstelle zum Schacht Konrad. Unter dem Motto „Wir haben etwas zu entsorgen, aber nichts zu verbergen“ berichteten zahlreiche Medien der Region über die Eröffnung. Seitdem haben Tausende Bürgerinnen und Bürger, Journalisten und Vertreter aus Politik und Wirtschaft die Möglichkeit genutzt, sich vor Ort ein eigenes Bild über den Umbau Konrads zu einem Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle zu machen. Im Laufe des Jahres organisierte die BfS-Pressestelle zudem mehrere Journalistenfahrten in den Schacht. Gut zwanzig Journalisten der Landespressekonferenz Niedersachsen befragten im Juni BfS-Präsident Wolfram König vor Ort über den Stand der Arbeiten und die weitere Planung. Vertreter der Hauptstadt- und Landespresse nahmen einen Besuch im Juli zum Anlass, in Reportagen über die Sanierung der bestehenden Schachtförderanlagen und das Auffahren der ersten Einlagerungsbereiche zu berichten. Im gleichen Monat machte sich eine Delegation der Auslandspresse ein eigenes Bild über Deutschlands einziges im Bau befindliches Endlager für leicht- und mittelradioaktive Abfälle. Eine Gruppe mit Journalisten überwiegend überregionaler Medien besuchte im Oktober Konrad, um sich beim Besuch über alle Facetten der Endlagerung auf den aktuellen Stand bringen zu lassen.

### Morsleben: Sanierung einer Altlast

Große Beachtung fand 2008 aber auch das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben, dessen endgültige Stilllegung das BfS beantragt hat. Am 10. Oktober besuchte Umweltminister Sigmar Gabriel die Anlage. Zusammen mit dem BfS-Präsidenten erläuterte er Vertretern der regionalen wie überregionalen Presse den aktuellen Stand der geplanten Stilllegung, der derzeit laufenden Stabilisierungsarbeiten sowie der Kosten, die der Steuerzahler für die Sanierung dieser Altlast übernehmen muss.



**Bundesumweltminister Gabriel und BfS-Präsident informieren über Morsleben (Foto: picture alliance).**

Der Umweltminister konstatierte dabei, dass man aus den Erfahrungen in Morsleben auch für die Asse lernen könne. Der Fernsehsender MDR, sämtliche Nachrichtenagenturen und zahlreiche Tageszeitungen begleiteten den Umweltminister ins Bergwerk und berichteten über den Besuch. Mit dem Politikmagazin „Frontal 21“ des ZDF im Juli und den Tagesthemen der ARD im Oktober widmeten sich außerdem zwei Schwergewichte der deutschen Fernsehlandschaft dem Thema und berichteten dabei ausgewogen und fundiert. Das BfS begleitete die Teams unter Tage und stand jeweils für Informationen und Interviews zur Verfügung.

Eine weitere Altlast, die noch mehr im Zentrum der politischen, wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskussionen steht, ist die Schachanlage Asse II bei Remlingen. Ausgelöst durch gravierende Mängel im Endlagerbetrieb kamen das Bundesumweltministerium, das Bundesministerium für Bildung und Forschung und das Niedersächsische Umweltministerium im September 2008 überein, zum 1. Januar 2009 dem BfS die Verantwortung für die Anlage zu übertragen. Das BfS nahm



**Das BfS ist neuer Betreiber der Schachanlage Asse.**

diese Entscheidung zum Anlass, bereits vor Betreiberwechsel offen über die Probleme der Anlage zu informieren. Am 29. Oktober berichteten Umweltminister Gabriel und BfS-Präsident König auf der Bundespressekonferenz in Berlin über Möglichkeiten, das Bergwerk zu stabilisieren. König stellte zudem in mehreren großen Interviews mit der regionalen Presse die derzeitigen Probleme und die Planungen für die sichere Stilllegung der Asse dar. In der vom NDR Hörfunk moderierten und übertragenen Sendung „NDR vor Ort“ in Remlingen stellte er sich zudem den Fragen der Bürgerinnen und Bürger, die in der Umgebung der Asse leben. Journalisten konnten sich bei mehreren Besuchen ein eigenes Bild über den Zustand der Anlage machen. Die Frankfurter Allgemeine Zeitung brachte die Asse in einer detaillierten Reportage im Oktober einem überregionalen Publikum näher.



**Das BfS informiert auf einem Kongress über die Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms.**

#### **Abschluss des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms**

Dass die Arbeit des BfS und seiner Pressestelle jedoch nicht nur von der Endlagerung geprägt ist, davon zeugt unter anderem der vielbeachtete Kongress zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm. Am 17. und 18. Juni stellten die BfS-Experten in Berlin die zentralen Ergebnisse einer der weltweit umfangreichsten Untersuchungen zum Mobilfunk vor. Die Untersuchungen zeigen, dass nach derzeitigem wissenschaftlichen Kenntnisstand die derzeit gültigen Grenzwerte die Bürgerinnen und Bürger vor schädlichen Auswirkungen schützen. Die Experten des BfS betonten jedoch auch, dass Vorsorge im Umgang mit dem Mobilfunk nach wie vor geboten ist. Denn weiteren Forschungsbedarf gibt es vor allem hinsichtlich möglicher Langzeitwirkungen für Handynutzungszeiten von mehr als zehn Jahren. Außerdem ist weiterhin unklar, ob Kinder empfindlicher auf Handystrahlung reagieren als Erwachsene. Etliche Medien berichteten über den Kongress und die Forschungsergebnisse und interviewten die BfS-Experten, darunter unter anderem auch die Tagesthemen und Tagesschau der ARD und die Heute Nachrichten des ZDF.

Darüber hinaus war der Mobilfunk gerade in der ersten Jahreshälfte 2008 ein Thema vieler Medien. Im Januar berichtete unter anderem die Bild Zeitung auf Seite 1 über angeblich neue Studienergebnisse. Die dpa veröffentlichte im ersten Quartal mehrere vielbeachtete Meldungen zu verschiedenen Aspekten der Thematik. Im März stellte Stern TV den aktuellen Stand beim Mobilfunk dar. Dabei immer im Einsatz war die Pressestelle des BfS, die für Interviews, Informationen oder auch weiterführende Gespräche zur Verfügung stand.

#### **BfS mahnt zu besserem Schutz vor natürlicher und künstlicher UV-Strahlung**

Wiederkehrendes Thema der Pressearbeit war außerdem der Schutz der Bürgerinnen und Bürger vor künstlicher wie natürlicher UV-Strahlung. „Der Schutz vor übermäßiger Sonnenstrahlung muss so selbstverständlich werden wie das Anlegen des Sicherheitsgurtes im Auto“. Diese Forderung stellte BfS-Präsident König bei



**Eine unterschätzte Gefahr: Gerade Kinder müssen gut vor den schädlichen Auswirkungen der UV-Strahlung geschützt werden.**

der Vorstellung des Jahresberichts 2007 auf der Bundespressekonferenz in Berlin am 20. August auf. Zahlreiche Medien berichteten in der Folge über diese nach wie vor von vielen unterschätzte Gefahr.

Stärker in das Interesse der Öffentlichkeit rückte auch die Gefahr durch die künstliche UV-Strahlung in Solarien. Nach wie vor gibt es kaum gesetzliche Regelungen für den Betrieb von Solarien. Das von BfS-Experten in Zusammenarbeit mit Hautärzten und Solarienbetreibern vereinbarte freiwillige Solarienzertifikat, das die schädlichsten Auswirkungen künstlicher UV-Strahlung eindämmen soll, hatten bereits in den Jahren zuvor nur sehr wenige Solarien beantragt. 2008 brachte eine Überprüfung von 100 zertifizierten Solarien durch das BfS erschreckende Ergebnisse. 96 von 100 geprüften Solarien erfüllten beim Praxistest eines oder mehrere der relevanten Zertifizierungskriterien nicht. Das BfS veröffentlichte die Überprüfungsergebnisse im November.

#### **Die Legende von der Stromlücke**

Der 2000 zwischen Energieversorgungsunternehmen und Bundesregierung beschlossene Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie sorgte vor allem in der ersten Jahreshälfte 2008 für eine lebhaft geführte Debatte. Insbesondere Vertreter der Energieversorgungsunternehmen warnten vor vermeintlichen Stromengpässen, wenn am Atomausstieg festgehalten wird. Das BfS stellte in einem Gespräch mit der Financial Times Deutschland im Februar klar, dass der Atomausstieg nicht zu Engpässen in der Stromversorgung führen wird. Etliche Medien griffen die Äußerungen des BfS sowie seine Zahlen über die in deutschen Kernkraftwerken produzierten Strommengen sowie die Stillstandszeiten deutscher Reaktoren auf. Im März interviewte das ZDF-Format „Frontal 21“ Präsident König zu dieser Frage. Das BfS zeigte auf, dass 2007 trotz ungeplanter Stillstände gleich mehrerer Reaktoren in Deutschland noch ein Überschuss an Strom produziert und ins Ausland exportiert wurde. Auch andere staatliche Institutionen kritisierten in der Folge die Warnungen der Energieversorgungsunternehmen vor einem vermeintlichen Blackout als interessengeleitet. In der Folge berichteten etliche Medien differenziert und kritisch. Im April veröffentlichte das BfS schließlich seine Jahresmeldung 2008 mit den noch verbleibenden Strommengen deutscher Reaktoren, die ebenfalls von verschiedenen Agenturen und Tageszeitungen aufgegriffen wurden.

Ebenfalls zu Beginn des Jahres Dauerbrenner unter den BfS-Themen waren die Ergebnisse der so genannten KIKK-Studie (Epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken). In der Studie hatten Wissenschaftler eine signifikant erhöhte Leukämierate bei Kindern unter fünf Jahren in der näheren Umgebung von Kernkraftwerken festgestellt. Das ARD-Magazin Mona Lisa setzte sich im April ein zweites Mal detailliert mit dem Thema auseinander und interviewte dabei auch einen Experten des BfS. Auch 2009 wird die

KIKK-Studie das BfS beschäftigen. Nach Veröffentlichung der Ergebnisse und deren Bestätigung durch verschiedene Expertengremien wie die Strahlenschutzkommission steht jetzt die Ursachenforschung im Zentrum. Das BfS geht jetzt der nach wie vor ungeklärten Frage nach, welche Faktoren im Einzelnen zur Bildung von Leukämien bei Kindern führen können.

Zusammenfassend hat sich das Jahr 2008 aus Sicht der Pressearbeit als eines der ereignisreichsten für das Amt erwiesen. Viele Entwicklungen wie der beschlossene Übergang der Verantwortung für die Asse auf das BfS werden die Arbeit des BfS auch in den kommenden Jahren maßgeblich mitbestimmen und damit auch die Arbeit der Pressestelle prägen.

# PUBLIKATIONEN

Publications

## BfS-Berichte

BfS-Berichte und -Schriften finden Sie auf den Internetseiten des BfS unter <http://www.bfs.de/de/bfs/druck>.

## Ausgewählte Beiträge in Fachzeitschriften

*Beck TR*

Rückführung im Strahlenschutz: Messgrößen für Radium und Radon.

StrahlenschutzPRAXIS, 14: 13-16, 2008

*Becker C, Brix G, Reiser M*

Computertomographie in der Kardiologie: Rechtfertigt der diagnostische Gewinn die immer höhere Strahlenbelastung?

CardioVasc. 8: 2-4, 2008

*Berg HP, Görtz R, Fröhmel T, Winter Ch*

Probabilistic Safety Assessment of External Flooding Protection for Nuclear Power Plants in Germany.

Journal of Power and Energy Systems 2, No 2; 734-743, 2008

*Berg HP, Görtz R, Kesten J*

Methods for the Treatment of Common Cause Failures in Redundant Systems.

Reliability & Risk Analysis: Theory & Applications 1, No. 2, 8-18; June 2008

*Berg HP, Fröhmel T, Winter Ch*

Analysis of the Impact of External Flooding to Nuclear Installations.

Reliability & Risk Analysis: Theory & Applications 1, No. 2, 19-29; June 2008

*Birschwilks M, Adelman C, Gruenberger M, Schofield P, Tapio S, Grosche B*

New Life for Old Data – The European Radiobiological Archives and the e.ERA database;

Radioprotection 43(5): 281, 2008

*Bleher M, Harms W, Luff R, Stöhlker U*

Die technische Modernisierung des Ortsdosisleistungs-Messnetzes des BfS

StrahlenschutzPRAXIS, 14: 30-36, 2008

*Brix G, Strieth S, Strelczyk D, Dellian M, Griebel J, Eichhorn M, Andrä W, Bellemann ME*

Static Magnetic Fields Affect Capillary Flow of Red Blood Cells in Striated Skin Muscle.

Microcirculation 15(1): 15-26, 2008

*Buchholz W*

In-vivo-Ringversuche der Leitstelle Inkorporationsüberwachung – ein wichtiger Beitrag zur Qualitätssicherung.

StrahlenschutzPRAXIS 3: 9-12, 2008

*Donadille L, Carinou E, Ginjaume M, Jankowski J, Rimpler A, Sans Merce M, Vanhavere F*

An Overview of the Use of Extremity Dosemeters in Some European Countries for Medical Applications

Rad Prot Dosimetry 131: 62-66, 2008

*Ginjaume M, Carinou E, Donadille L, Jankowski J, Rimpler A, Sans Merce M, Vanhavere F, Denoziere M, Daires J, Bordy JM, Itie C, Covens P*

Extremity Ring Dosimetry Intercomparison in Reference and Workplace Fields.

Rad Prot Dosimetry 131: 67-72, 2008

*Grosche B*

Keynote Lecture – The Risk of Childhood Leukaemia in the Vicinity of Nuclear Installations: a Review; 36th Annual Meeting of the European Radiation Research Society, Tours, France, 1-3 September 2008,

Radioprotection 43(5): 60-61, 2008

*Grosche B*

The „Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken“ Study: Results Put into Perspective.

Radiat Prot Dosimetry; 132(2): 198-201, doi:10.1093/rpd/ncn257

*Grosche B, Jung T, Weiss W*

Häufigkeit von Krebs bei Kindern in der Umgebung von Kernkraftwerken.

atw 53: 174-178, 2008

*Jacob P, Walsh L, Eidemüller M*

Modeling of Cell Inactivation and Carcinogenesis in the Atomic Bomb Survivors with Applications to the Mortality from all Solid, Stomach and Liver Cancer.

Radiat Environ Biophys 2008; 47:375-388

*Kirchner G, Steiner M*

Uncertainties in Radioecological Assessment Models – Their Nature and Approaches to Reduce Them.

Appl. Radiat. Isot. 66: 1750-1753, 2008

*Kreuzer M, Walsh L, Schnelzer M, Tschense A, Grosche B*

Radon and Cancers other than Lung Cancer in Uranium miners – Results of the German Uranium Miners Cohort Study, 1960-2003. In: The 36th Annual Meeting of the European Radiation Research Society: Vortrag, Tours, Frankreich, 01.-04.09.2008,

Radioprotection 43(5): 63, 2008

*Kreuzer M, Walsh L, Schnelzer M, Tschense A, Grosche B*

Radon and Risk of Extra-Pulmonary Cancers - Results of the German Uranium Miners Cohort Study, 1960-2003

Br J Cancer 99: 1946-53, doi:10.1038/sj.bjc.6604776, 2008

- Laumert G*  
Pumpversatz mit Salzbeton zur Sicherung eines Grubenteils des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben. Glückauf 144 (2008) Nr. 1/2, 26-33
- Lopez MA, Etherington E, Castellani CM, Franck D, Hurtgen C, Marsh JW, Nosske D, Breustedt B, Blanchardon E, Andradi A, Bailey MR, Balashazy I, Battisti P, Bérard P, Birchall A, Broggio D, Challeton-de-Vathaire C, Cruz-Suarez R, Doerfe H, Giussani A, Hodgson A, Koukoulidou V, Kramer GH, Le Guen B, Luciani A, Malatova I, Molokanov A, Moraleda M, Muikku M, Oeh U, Puncher M, Rahola T, Stradling M, Vrba T*  
Internal Dosimetry: Towards Harmonisation and Coordination of Research.  
Rad Prot Dosimetry 131: 28-33, 2008, doi 10.1093/rpd/ncn217
- Manegold PC, Paringer C, Kulka U, Krimmel K, Eichhorn ME, Wilkowski R, Jauch KW, Guba M, Bruns CJ*  
Antiangiogenic Therapy with Mammalian Target of Rapamycin Inhibitor RAD001 (Everolimus) Increases Radiosensitivity in Solid Cancer.  
Clinical Cancer Research 14 (3): 892-900, 2008
- Marsh JW, Bessa Y, Birchall A, Blanchardon E, Hofmann W, Nosske D, Tomasek L*  
Dosimetric Models Used in the Alpha Risk Project to Quantify Exposure of Uranium Miners to Radon Gas and its Progeny.  
Rad Prot Dosimetry 130: 101-106, 2008
- Nekolla EA, Griebel J, Brix G*  
Strahlenrisiko infolge von Mammographie-Screening-Untersuchungen für Frauen unter 50 Jahren.  
Z Med Phys. 18: 170-179, 2008
- Nitsche F, Reiche I, Stewart J, Whittingham S*  
European Technical Guide on Package Design Safety Reports for Transport Packages Containing Radioactive Material.  
International Journal „Packaging, Transport, Storage & Security of Radioactive Material“, Maney Publishing 2008, Volume 19, No. 2, pages 87-93
- Nosske D, Birchall A, Blanchardon E, Breustedt B, Giussani A, Luciani A, Oeh U, Lopez MA*  
Development, Implementation and Quality Assurance of Biokinetic Models within CONRAD.  
Rad Prot Dosimetry 131: 40-45, 2008; doi 10.1093/rpd/ncn219
- Oestreicher U, Stephan G, Schneider K, Panzer W, Walsh L*  
Results of Chromosome Aberrations after Computer Tomography (CT) in Children. In: Proceedings of the 36th annual meeting of the European Radiation Research Society, Tours 2008,  
Radioprotection 43 (5): 41, 2008
- Rimpler A, Barth I, Baum RB, Senftleben S, Geworski L*  
Beta Radiation Exposure of Staff During and After Therapies with <sup>90</sup>Y-labelled Substances.  
Rad Prot Dosimetry 131: 73-79, 2008 doi: 10.1093/rpd/ncn224
- Schwarz S, Schaffer P, Kulka U, Ertl-Wagner B, Hell R, Schaffer M*  
The Effect of Radio-Adaptive Doses on HT29 and GM637 Cells.  
Radiation Oncology 2008; online-version: <http://www.ro-journal.com/content/3/1/12>
- Schmid E, Wagner FM, Romm H, Walsh L, Roos H*  
Dose-Response Relationship of Dicentric Chromosomes in Human Lymphocytes Obtained for the Fission Neutron Therapy Facility MEDAPP at the Research Reactor FRM II.  
Radiat Environ Biophys, doi 10.1007/s00411-008-0202-z
- Schneider U, Walsh L*  
Cancer risk estimates from the combined Japanese A-bomb and Hodgkin cohorts for doses relevant to radiotherapy.  
Radiat Environ Biophys 47: 253-263, 2008
- Sigurdson AJ, Ha M, Hauptmann M, Bhatti P, Sram RJ, Beskid O, Tawn J, Whitehouse C, Lindholm C, Nakano M, Kodama Y, Nakamura N, Vorobtsova I, Oestreicher U, Stephan G, Yong LC, Bauchinger M, Schmid E, Chung, HW, Darroudi F, Roy L, Voisin P, Barquinero JF, Livingston G, Blakey D, Hayata I, Zhang W, Wang C, Bennett LM, Littlefield LG, Edward AA, Kleineman RA, Tucker JD*  
International Study of Factors Affecting Human Chromosome Translocations.  
Mutation Research 652: 112-121, 2008
- Stegemann R*  
Datenverarbeitung im Deutschen Strahlenschutz-Register.  
StrahlenschutzPRAXIS 14: 13-17, 2008
- Stöhlker U, Bleher M*  
The Schauinsland Intercalibration Facility, Supplement to the Health Physics Society Journal, Abstracts of Papers Presented at the Fifty-Third Annual Meeting of the Health Physics Society, Pittsburgh, Pennsylvania, Health Phys. Vol. 95, 2008, pp S55
- Stöhlker U, Luff R, Harms W, Thoma J, Wolfert J, Bleher M*  
Next Generation of the German Gamma Dose Rate Monitoring Network, Supplement to the Health Physics Society Journal, Abstracts of Papers Presented at the Fifty-Third Annual Meeting of the Health Physics Society, Pittsburgh, Pennsylvania, Health Phys. Vol. 95, 2008, pp S53
- Strieth S, Strelczyk D, Eichhorn M, Dellian M, Lüdemann S, Griebel J, Berghaus A, Bellemann ME, Brix G*  
Static Magnetic Fields Induce Blood Flow Decrease and Platelet Adherence in Tumor Microvessels.  
Cancer Biol Ther. 7: 814-819, 2008

Tapio S, Schofield PN, Adelman C, Atkinson MJ, Bard JLB, Bijwaard H, Birschwilks M, Dubus P, Fiette L, Gerber G, Gruenberger M, Quintanilla-Martinez L, Rozell B, Saigusa S, Warren M, Watson CR, Grosche B  
Progress in Updating the European Radiobiology Archives. *Int J Rad Biol* 84: 11, 930-936. doi: 10.1080/09553000802460214, 2008

Thiessen KM, Batandjewa B, Andersson KG, Arkhipov A, Charnock TW, Gallay F, Gaschak S, Golikov V, Hwang WT, Kaiser JC, Kamboj S, Steiner M, Tomás J, Trifunovic D, Yu C, Zelmer RL, Zlobenko B  
Improvement of Modelling Capabilities for Assessing Urban Contamination: The EMRAS Urban Remediation Working Group. *Applied Radiation and Isotopes*, 66: 1741-1744, 2008

Tomasek L, Laurier D, Vacquier B, Tirmarche M, Kreuzer M, Tschense A, Schnelzer M, Grosche B  
Lung Cancer Risk from Radon among European Uranium Miners – Modifying Effects of Time and Age at Exposure; 36th Annual Meeting of the European Radiation Research Society, Tours, France, 1-3 September 2008, *Radioprotection* 43 (5): 63, 2008

Wershofen H, Bieringer J, Frenzel S, Kanisch G, Katzlberger C, Steinkopff T, Tschiersch J, Völkle H  
An Inter-Laboratory Comparison of Low Level Measurements in Ground Level Aerosol Monitoring. *Applied Radiation and Isotopes*, 66: 737-741, 2008

Wick RR, Nekolla EA, Gaubitz M, Schulte TL  
Increased Risk of Myeloid Leukaemia in Patients with Ankylosing Spondylitis following Treatment with Radium-224. *Rheumatology (Oxford)* 47: 855-859, 2008

Wilkins RC, Romm H, Kao TC, Awa AA, Yoshida MA, Livingston GK, Jenkins MS, Oestreicher U, Pellmar TC, Prasanna PG  
Interlaboratory Comparison of the Dicentric Chromosome Assay for Radiation Biodosimetry in Mass Casualty Events. *Radiat Res.* 169 (5): 551-60, 2008

Zähringer M, Kirchner G  
Nuclide Ratios and Source Identification of High-Resolution Gamma Ray Spectra Using a Bayesian Point of View. *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A*, 594: 400-406, 2008.

Zähringer M, Bieringer J, Schlosser C  
Three Years of Operational Experience from Schauinsland CTBT Monitoring Station. *Journal of Environmental Radioactivity*, 99: 596-606, 2008

Zhang W, Zähringer M, Ungar K, Hoffman I  
Statistical Analysis of Uncertainties of Gamma-Peak Identification and Area Calculation in Particulate Air-Filter Environment Radionuclide Measurements Using the Results of a Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization (CTBTO) Organized Intercomparison, Part I: Assessment of Reliability and Uncertainties of Isotope

Detection and Energy Precision Using Artificial Spiked Test Spectra, Part II: Assessment of the True Type I Error Rate and The Quality of Peak Area Estimators in Relation to Type II Errors Using Large Numbers of Natural Spectra. *Applied Radiation and Isotopes* 66: 1695-1701, 2008

## Beiträge in Tagungsbänden / Broschüren

Bandt G, Spicher G, Steyer S, Brennecke P  
Disposal of LLW and ILW in Germany: Characterization and Documentation of Waste Packages with Respect to the Change of Requirements. In: Proceedings of WM08, Waste Management 2008 Symposium, Phoenix, Arizona, 24.- 28.02.2008

Beckmerhagen I, Berg HP  
Quality Management as a Sound Basis of Integrated Management. In: Proceedings of the 5th International Conference on Safety and Reliability, Wroclaw 2008, *Journal of KONBiN*, Vol. III, No 3(6) 2008, Warsaw 2008, S. 57- 64

Berg HP, Röwekamp M, Klein-Heßling W, Riese O  
Flame Spread in Cable Tray Fires and its Modeling in Fire Simulation Codes. In: Proceedings of the 5th International Conference on Safety and Reliability, Wroclaw 2008, *Journal of KONBiN*, Vol. III, No 3(6) 2008, Warsaw 2008, S. 41-48

Berg HP  
Safety Management and Safety Culture Assessment in Germany. In: *Safety Reliability and Risk Analysis: Theory, Methods and Applications*, Vol. 2, S. 1439-1446, Taylor & Francis Group, London

Brennecke P, Baltus B  
Safety Requirements on Heat-generating Radioactive Waste – Ongoing Development Process of Regulations. In: Proceedings of the International Conference on Radioactive Waste Disposal in Geological Formations, Braunschweig, Nov 6-9, 2007, pp 246 - 251.

Brewitz W, Droste J, Stier-Friedland G  
Geological Features of the Morsleben Repository and Their Relevance for Long-term Safety. In: REMPE, N. T. (Ed.): *Deep Geologic Repositories. – Geological Society of America Reviews in Engineering Geology*, v.XIX, pp 53-66, 2008

Birschwilks M, Adelman C, Gruenberger M, Tapio S, Schofield P, Grosche B  
e.ERA: The International Radiobiological Archives go Online; In: International Symposium on Carcinogenesis and Genetic Effects of Low Dose Radiation Exposure, Rokkasho, Aomori, Japan, 7-8 Oktober 2008, Institute for Environmental Sciences, S. 10

*Brix G, Nagel HD*

Strahlenexposition und Strahlenschutz bei der Mehrschicht-CT. In: Mehrschicht-CT – Ein Leitfaden. Brüning R, Küttner A, Flohr T (Hrsg) Heidelberg: Springer-Verlag, 38-47, 2008

*Brix G*

Risks and Safety Issues Related to Radiological Imaging, in Particular MRI. In: Clinical Blood Pool MR Imaging. Goyen M, Leiner T, Rohrer M, Schönberg S (Eds) Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 35-41; 2008

*Bünger T, Beyermann M, Obrikat D*

Occurrence of Natural Radioactivity in Public Water Supplies in Germany – <sup>238</sup>U, <sup>234</sup>U, <sup>235</sup>U, <sup>228</sup>Ra, <sup>226</sup>Ra, <sup>222</sup>Rn, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Po and Gross-Activity Concentration. In: International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, 15-20 June 2008, Bergen, Part 1, pp 317-332

*Charnock T, Jones A, Singer L, Andersson K, Roed J, Thykier Nielsen S, Mikkelsen T, Astrup P, Kaiser JC, Müller H, Pröhl G, Raskob W, Hoe S, Jacobsen LH, Schou Jensen L, Gering F*  
Calculating the Consequences of Recovery, a European Model for Inhabited Areas. In: International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, Bergen, Norway, Proceedings 2008

*Coeck M, Livolsi P; Möbius S, Schmitt-Hannig A, Luciani A, van der Steen J, Marco M, Stewart J*

Results of the 6FP "ENETRAP" on Radiation Protection E&T in Europe. ISOE Turku, Finland, [http://www.isoe-network.net/index.php?option=com\\_docman&task=download&gid=1037](http://www.isoe-network.net/index.php?option=com_docman&task=download&gid=1037) September 2008

*Dalheimer A, Henrichs K, König K*

Das gemeinsame Messstellenkonzept von Arbeitskreis Inkorporationsüberwachung des FS und Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS. In: Bayer A, Kirchinger W, Reiners C, Schneider R (Hrsg): Fragen des radiologischen und nuklearen Notfallschutzes aus medizinischer Sicht. Verlag TÜV Media GmbH, 59-65, 2008

*Di Giorgio M, Vallerga M, Radl A, Taja M, Seoane A, Stuck Oliveira M, Garcia Lima O, Lamadrid A, González Mesa J, Romero Aguilera I, Mandina Cardoso T, Guerro Carvajal C, Arceo Maldonado C, Espinoza M., Martínez Lopéz W., Di Tomasso M, Romm H, Barquinero F, Lindholm C, Roy L, Güçlü I, Lloyd D*

Latin American Biological Dosimetry Network Intercomparison Exercise – Evaluation Through Triage and Conventional Scoring Criteria, Development of a New Approach for Statistical Data Analysis. In: Abstract Book, IRPA12, Buenos Aires, 2008

*Dambacher M, Zwerger A, Stöhlker U, Fauler A, Fiederle M*  
Development of a GMCA (Gamma Analysis Digital Filter and Multi Channel Analyzer). In: 2008 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record R12-81, ISBN 978-1-4244-2715-4/08/ ©2008 IEEE

*Döring J, Beck T, Beyermann M, Gerler J, Henze G, Mielcarek J, Schkade UK*

Exposure and Radiation Protection for Work Areas with Enhanced Natural Radioactivity. In: Proceedings of the 5th International Symposium on Naturally Occurring Radioactive Material, Sevilla, Spanien, 19.-22. März 2007, IAEA, STI/PUB/1326, August 2008, pp 399-407

*Gehrcke K, Kümmerl M, Dushe C*

Background Radon Levels in Germany and How to Take Them into Account in Radiological Evaluations. In: Proceedings of the International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, 15-20 June 2008, Bergen, Part 1, pp 92-95

*Gersinska R, Berg HP, Weil L*

Results of German Investigations on Degradation Due to Special Corrosion Mechanism in Nuclear Power Plants. In: Proceedings of the International Conference on Topical Issues in Nuclear Installation Safety: Ensuring Safety for Sustainable Nuclear Development, Mumbai, India, November 17-21, 2008

*Görtz R, Berg HP, Mahlke J*

The POS Model for Common Cause Failure Quantification: Progress in Parameter Estimation and Comprehensive Documentation. In: Proceedings of the International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSA 9), Hong Kong May 18-23, 2008 (CD ROM)

*Gutsch AW, Seifried A, Preuss J, Mauke R*

Viscoelastic Behaviour and Autogenous Shrinkage of Early Age Salt Concrete Used in a Repository for Radioactive Waste in a Salt Mine. In: 8th International Conference on Creep, Shrinkage and Durability of Concrete and Concrete Structures (Concreep8), Shima-City, Mie, Japan, 30.09. - 02.10.2008

*Hamann E, Dambacher M, Zwerger A, Stöhlker U, Fiederle M*  
Comparison of Different Gamma-ray Detectors with Respect to Energy Resolution and Performance. In: 2008 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record R12-81, ISBN 978-1-4244-2715-4/08/2008 IEEE

*Hoe S, Mc Ginnity P, Charnock T, Gering F, Andersson K, Astrup P*

ARGOS CBRN Decision Support System for Nuclear and Radiological Emergency Management. In: Proceedings of the 12th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA), Buenos Aires, 2008

*Hornhardt S, Rössler U, Rosenberger A, Bickeböller H, Sauter W, Illig T, Wichmann HE, Gomolka M*

Genetic Predisposition and Radiation Sensitivity in Young Lung Cancer Patients. In: Abstract Book, 21st I H Gray Conference, 4.- 6. Juni 2008

*Hund W*

Survey on the German Repository Projects. In: Proceedings of the International Conference on Radioactive Waste Disposal in Geological Formations, Braunschweig, Nov 6-9, 2007, pp 410-422.

*Kaiser JC, Gering F, Andersson K, Charnock T, Hoe S, Jacobsen LH*  
Correction of Model Predictions for the Radioactive Contamination of the Environment with Data Assimilation. In: Proceedings of the International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, 15-20 June 2008, Bergen, Part 1, pp 130-133

*Kirchner G, Gehrcke K*

Experience in the Implementation of NORM Regulations in Germany. In: Proceedings of the 12th international Conference of the International Radiation Protection Association (IRPA), Buenos Aires, 2008, TS III 4.4, p. 65

*Kirchner G, Kröger EA*

The Litvinenko Polonium-210 case – German Experiences. In: IRPA12 International Congress of the International Radiation Protection Association (CIRPA), Buenos Aires, 19-24 October 2008

*Kirchner G, Wittwer C, Jung T*

Radiation Protection Criteria for Long-term Safety Assessment of Nuclear Waste Repositories: Current Issues and Potential Ways Forward. In: Proceedings of the International Conference on Radioactive Waste Disposal in Geological Formations, Braunschweig, Nov 6 - 9, 2007, pp 252-261.

*Kirchner G, Wirth E*

Operational Intervention Levels (OILs)– A Tool to Overcome Differences in Intervention Levels? In: Proceedings of the 12th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA), Buenos Aires 2008 TS II 3.1, 862

*Kirchner G, Steiner M, Willrodt C*

Environmental Protection Against Ionising Radiation – A Proposal to Refine the Conceptual Basis of the ERICA Approach. In: Proceedings of the International Conference on Radioecology & Environmental Radioactivity, 15-20 June 2008, Bergen, Part 2, pp 28-31

*Kleemann U*

Status of Radioactive Waste Disposal in Germany. In: Proceedings of the International Conference on Radioactive Waste Disposal in Geological Formations, Braunschweig, Nov 6-9, 2007, pp 60-67.

*Pözl Chr*

Risikowahrnehmung und -kommunikation in der Öffentlichkeit. Diskurse zu elektromagnetischen Feldern als Herausforderung für das Bundesamt für Strahlenschutz. In: Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 3: 58-65, 2008

*Prasanna P, Berdychevski RE, Kasnopolsky K, Livingston G, Moroni M, Martin P R, Romm H, Subramanian U, Wilkins RC, Yoshida M*

Radiation Cytogenetic Biodosimetry Laboratory Automation and Interlaboratory Comparison of the Dicentric Assay. In: Abstract Book, BioDose 2008, Hanover NH 2008

*Preuss J, Mauke R, Gutsch AW, Seifried A*

Calculations of Early Restraint Stresses of Barrier Elements Made of Salt Concrete in a Repository for Radioactive Waste in a Salt Mine In: 8th International Conference on Creep, Shrinkage and Durability of Concrete and Concrete Structures (Concreep8), Shima-City, Mie, Japan, 30.09. - 02.10.2008

*Raskob W, Gering F, Lochard J, Nisbet A, Starostova V, Tomic B*  
Objectives and Achievements in the First Three Years of the EURANOS Project: European Approach to Nuclear and Radiological Emergency Management and Rehabilitation Strategies. In: Proceedings of the International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, 15-20 June 2008, Bergen, Part 1, pp 27-30

*Romm H, Kulka U, Oestreicher U*

Bildung von BioDosimetrie-Netzwerken zur Vorbereitung auf einen großen Strahlenunfall; Establishing of Biodosimetry-Networks to be Prepared in Case of a Large-Scale Radiation Accident. In: Fragen des radiologischen und nuklearen Notfallschutzes aus medizinischer Sicht, Hrsg: A. Bayer, W. Kirchinger, Chr. Reiners, R. Schneider, Fachverband für Strahlenschutz e.V. Würzburg, 2008, S. 197-204

*Schmitt-Hannig A und das ENETRAP II Konsortium*

Europäische Aus- und Weiterbildung im Strahlenschutz: ENETRAP II. In: Michel R, Täschner M, Vogt HG (Hrsg): Kompetenz im Strahlenschutz – Ausbildung, Weiterbildung und Lehre. Proceedings der Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Mainz, 16.-19. September 2008: 93-100

*Steiner M, Fielitz U*

Deer Truffles – The Dominant Source of Radiocaesium Contamination of Wild Boar. In: Proceedings of the International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, 15-20 June 2008, Bergen, Part 1, pp. 210-213

*Steyer S, Kugel K, Brennecke P, Boetsch W, Gründler D*

Approach to Declare and Verify the Inventory of Harmful Substances in Radioactive Waste Packages. In: 5th International Seminar on Radioactive Waste Products, Würzburg, 27. - 31.10.2008 (noch nicht erschienen)

*Stöhlker U, Bleher M, Szegvary T, Conen F*

Inter-calibration of Gamma Dose Rate Detectors on the European Scale, In: International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, 15-20 June 2008, Bergen, Part 2, pp 57-61

*Thiel J, Kilger R, Gmal B, Moser FE*

Considering Burn-up Credit in the Criticality Safety Analysis for the Final Disposal of Spent Nuclear Fuel. In: Proceedings of the International Conference on Radioactive Waste Disposal in Geological Formations, Braunschweig, Nov 6 - 9, 2007, pp 346-351.

*Walter H*

Handling „Dirty Bomb“ Scenarios with the Lagrangian Particle Model LASAIR. In: Proceedings of the 12th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Cavtat 2008, pp 230-234

*Weiss W*

Towards a Coherent Conceptual Framework for Emergency Preparedness/Response and Rehabilitation in the Application of the New ICRP Recommendations. In: Proceedings of the International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, 15-20 June 2008, Bergen, Part 1, p 23

*Weiss W, Matthes R, Revermann Chr*

Forschungsfelder und wissenschaftliche Risikodiskussion. Zusammenfassende Darstellung und Einordnung der Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms. In: Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) (Hrsg): Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 3: 23-29, 2008

*Wirth E, Kirchner G*

One Monitoring Strategy for Emergency Situation is Enough. In: Proceedings of the International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, 15-20 June 2008, Bergen, Part 1, pp 158-161

*Wollrath J, Niemeyer M, Resele G, Becker DA, Hirsekorn P*

Elements of the Safety Case for the Morsleben Repository Based on Probabilistic Modelling. In: Safety Cases for the Deep Geological Disposal of Radioactive Waste: Where Do We Stand?, Symposium Proceedings, Paris/F, 23-25 January 2007. Paris: OECD/NEA, 2008, pp 265-273

# ABKÜRZUNGEN

## Abbreviations

<b>AFRRI</b>	Armed Forces Radiobiology Research Institute (U.S.A.)	<b>CASTOR</b>	Cask for storage and transport of radioactive Material
<b>AGO</b>	Arbeitsgruppe Optionenvergleich (Asse)	<b>CBRN Task Force</b>	Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Task Force
<b>AIRDOS</b>	Aircrew Dosimetry (EU-Programme)	<b>COGEMA</b>	Compagnie Générale des Matières Nucléaires
<b>APM</b>	Adoptiv Phase Management	<b>CT</b>	Computertomographie
<b>AREVA NC</b>	Die AREVA NC (früher: COGEMA) betreibt u. a. die Wiederaufarbeitungs-anlage in Cap de la Hague (Frankreich).	<b>CTBT</b>	Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty
<b>AtG</b>	Atomgesetz	<b>CTBT</b>	Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organisation
<b>AtSMV</b>	Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung	<b>DBE</b>	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH
<b>AtVfV</b>	Atomrechtliche Verfahrensverordnung	<b>DECT</b>	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
<b>AVR</b>	Atomversuchsreaktor	<b>DIN</b>	DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
<b>AVV</b>	Allgemeine Verwaltungsvorschrift	<b>DKKR</b>	Deutsches Kinderkrebsregister
<b>BÄK</b>	Bundesärztekammer	<b>DMF</b>	Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm
<b>BAM</b>	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	<b>DOE</b>	Department of Energy (US)
<b>BDBOS</b>	Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben	<b>dpa/gms</b>	Deutsche Presseagentur/Global Media Services
<b>BE</b>	Brennelement	<b>EnBW</b>	Energie Baden-Württemberg AG
<b>BFE</b>	Bundesamt für Energie (Schweiz)	<b>EnKK</b>	EnBW Kernkraft GmbH
<b>BfS</b>	Bundesamt für Strahlenschutz	<b>EPA</b>	Environmental Protection Agency (US)
<b>BGFA</b>	Berufsgenossenschaftliches Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin	<b>ERAM</b>	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
<b>BGR</b>	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	<b>ERR</b>	Excess Relative Risk
<b>BHO</b>	Bundeshaushaltsordnung	<b>ESCHT</b>	Expertengruppe Schweizer-Tiefenlager
<b>BMBF</b>	Bundesministerium für Bildung und Forschung	<b>ESK</b>	Entsorgungskommission
<b>BMU</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	<b>EU</b>	Europäische Union
<b>BMVBS</b>	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	<b>EURADOS</b>	Europäische Strahlenschutzdosimetriegruppe (European Radiation Dosimetry Group)
<b>BMWi</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie	<b>EURDEP</b>	European Data Exchange Platform
<b>BOS</b>	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben	<b>EVU</b>	Energieversorgungsunternehmen
<b>BUND</b>	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland	<b>FGF</b>	Forschungsgemeinschaft Funk
<b>BVerwG</b>	Bundesverwaltungsgericht	<b>G8</b>	Group of Eight
<b>BZA</b>	Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH	<b>GICNT</b>	Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism
		<b>GRS</b>	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH
		<b>GSF</b>	Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (heute: HMGU)
		<b>GSS</b>	Gesellschaft für Strahlenschutz

<b>GWL</b>	Grundwasserleiter	<b>MLU</b>	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt
<b>HAW</b>	Hochradioaktiver Abfall	<b>Nagra</b>	Schweizer Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
<b>HMGU</b>	Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt GmbH (früher: GSF)	<b>NAS</b>	National Academy of Sciences (US)
<b>HPA</b>	Health Protection Agency (UK)	<b>NDA</b>	Nuclear Decommissioning Authority (UK)
<b>I&amp;C</b>	Instrumentation and Control (Leittechnik)	<b>NGA</b>	Nuklearspezifische Gefahrenabwehr
<b>IAEA</b>	International Atomic Energy Agency	<b>NMU</b>	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz
<b>IARC</b>	International Agency for Research on Cancer	<b>NUMO</b>	Nuclear Waste Management Organization (Japan)
<b>ICNIRP</b>	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection	<b>NWMO</b>	Nuclear Waste Management Organisation (KAN)
<b>ICRP</b>	International Commission on Radiological Protection	<b>ODL</b>	Ortsdosisleistung/Umgebungs-Äquivalentdosisleistung
<b>IDC</b>	International Data Center	<b>OECD / NEA</b>	Organisation für ökonomische Zusammenarbeit und Entwicklung/Nukleare Energieagentur
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission	<b>POS</b>	Prozess-orientierte Simulation
<b>iku GmbH</b>	Institut für Kommunikation und Umweltplanung	<b>PSA</b>	Probabilistische Sicherheitsanalyse
<b>IMIS</b>	Integriertes Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität	<b>PSÜ</b>	Periodische Sicherheitsüberprüfung
<b>IMS</b>	International Monitoring System	<b>PTB</b>	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
<b>INES</b>	International Nuclear Event Scale	<b>PTKA-WTE</b>	Projekträger Forschungszentrum Karlsruhe - Wassertechnologie und Entsorgung
<b>INGE</b>	International Noble Gas Experiment	<b>REI</b>	Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen
<b>IRRS</b>	Integrated Regulatory Review Service	<b>RöV</b>	Röntgenverordnung
<b>IRSN</b>	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (Frankreich)	<b>RSK</b>	Reaktor-Sicherheitskommission
<b>ITU</b>	Institut für Transurane der EU	<b>RTDMF</b>	Runder Tisch zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm
<b>ITWG</b>	International Technical Workers Group on Nuclear Smuggling	<b>RTS</b>	Runder Tisch Solarien
<b>IZMF</b>	Informationszentrum Mobilfunk	<b>SAR</b>	Spezifische Absorptionsrate
<b>JRC</b>	Joint Research Centre in Ispra (EU)	<b>SKB</b>	Svensk Kärnbränslehantering AB (Schweden)
<b>KiKK</b>	Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (Studiename)	<b>SNP</b>	Single Nucleotid Polymorphism
<b>KKW</b>	Kernkraftwerk	<b>SPALAX</b>	Edelgasmesssystem im Rahmen des CTBT
<b>KTA</b>	Kerntechnischer Ausschusses	<b>SSK</b>	Strahlenschutzkommission
<b>LAI</b>	Länderausschuss für Immissionsschutz	<b>StrlSchV</b>	Strahlenschutzverordnung
<b>LAUG</b>	Länderarbeitsgruppe Umweltbezogener Gesundheitsschutz	<b>TAB</b>	Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag
<b>LBEG</b>	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Nachfolger des NLFB)	<b>TBL Ahaus</b>	Transportbehälterlager Ahaus
<b>MAW</b>	Medium Active Waste		

<b>TBL Gorleben</b>	Transportbehälterlager Gorleben	<b>VEK</b>	Verglasungseinrichtung Karlsruhe
<b>TETRA</b>	Terrestrial Trunked Radio	<b>VerSi</b>	Vergleichende Sicherheitsanalysen
<b>THTR</b>	Thorium-Hochtemperaturreaktor in Hamm-Uentrop	<b>WHO</b>	Weltgesundheitsorganisation
<b>TrinkwV</b>	Trinkwasserverordnung	<b>WLM</b>	Working Level Months
<b>UFOPLAN</b>	Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums	<b>ZEP</b>	Zustände, Ereignisse, Prozesse, die in einem Endlager eintreffen können
<b>UNSCEAR</b>	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation	<b>ZUB</b>	Zentrale Unterstützungsgruppe des Bundes für gravierende Fälle der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr



**Kontakt:**

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: +49(0)30 18333-0

Telefax: +49(0)30 18333-1885

Internet: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

E-Mail: [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



**Bundesamt für Strahlenschutz**