



# JAHRESBERICHT 2009



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 (2010)

# INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort .....	5
<b>STILLEGUNG DES ENDLAGERS FÜR RADIOAKTIVE ABFÄLLE ASSE .....</b>	<b>7</b>
Die Schachtanlage Asse II .....	8
Rechtliche Rahmenbedingungen .....	8
Betriebliche Aktivitäten .....	10
Stilllegungsplanung Endlager Asse II .....	15
Radiologische Sicherheitsüberprüfung des Endlagers Asse II .....	19
Radiologische Überwachung der Umgebung des Endlagers Asse II .....	21
Methoden zur Überwachung radioaktiver Stoffe in gesättigten Salzlösungen der Asse .....	22
Erste Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung von Asse-Beschäftigten .....	26
Das Gesundheitsmonitoring Asse .....	28
<b>WEITERE ARBEITSSCHWERPUNKTE DES BfS .....</b>	<b>30</b>
<b>Strahlenschutz zum Wohle des Verbrauchers .....</b>	<b>30</b>
Das BfS als WHO-Kooperationszentrum für ionisierende und nichtionisierende Strahlung und Gesundheit .....	30
Radonschutzkonzepte: WHO bestätigt Empfehlungen des BfS .....	32
Wie radioaktiv sind Baustoffe? .....	35
Ist die Strahlung von Energiesparlampen gesundheitsgefährdend? .....	36
Die Überwachung natürlicher Radionuklide im Trinkwasser .....	39
Sonnenstrahlung und Solarien .....	40
Röntgendiagnostik in Deutschland: Trends für die Jahre 1996 bis 2006 .....	42
Aktualisierung der diagnostischen Referenzwerte in der Röntgendiagnostik .....	43
<b>AUSGEWÄHLTE EINZELTHEMEN .....</b>	<b>45</b>
<b>Schutz vor ionisierender und nichtionisierender Strahlung .....</b>	<b>45</b>
Die deutsche Uranbergarbeiterstudie – aktuelle Ergebnisse .....	45
Grundsätze der Weiterentwicklung des Strahlenschutzes .....	46
Häufigkeit von Krebs bei Kindern in der Umgebung von Kernkraftwerken – die KiKK-Studie .....	48
<b>Schutz vor Radioaktivität in der Umwelt .....</b>	<b>51</b>
Aktuelle Entwicklungen beim Notfallschutz und der Umweltüberwachung .....	51
Spektroskopische Detektoren auf Raumtemperaturbasis zur künftigen Optimierung der Umweltüberwachung .....	54
Biologische Dosimetrie in Europa: Kapazitäten und Möglichkeiten .....	56
Mit dem Hubschrauber auf der Suche nach Strahlenquellen .....	57
<b>Sicherheit in der Kerntechnik .....</b>	<b>61</b>
Meldepflichtige Ereignisse 2009 – Teil der Betriebserfahrungen .....	61
Dokumentation der in den deutschen Kernkraftwerken erzeugten Strommengen im Jahre 2009 .....	64
Aktualisierung des Stilllegungsleitfadens .....	65
Übereinkommen über Nukleare Sicherheit – Was kann man noch besser machen? .....	66

<b>Entsorgung radioaktiver Abfälle</b> .....	68
Transport und Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen und Kernbrennstoffen .....	68
Errichtung des Endlagers Konrad .....	73
Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) .....	76
Erkundungsbergwerk Gorleben .....	77
Nukleare Entsorgungskonvention .....	79
Grundsätze der Anlagensicherung im BfS .....	80
<b>Der Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums – Forschung für die Verbesserung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes</b> .....	83
Wie hoch ist die Magnetfeldbelastung beim Autofahren mit elektrischer Energie? .....	84
Elektrische und magnetische Felder von Stromtrassen .....	85
Zusammenwirken von UV- und Infrarot-Strahlung bei der Krebsentstehung .....	87
Risiken elektromagnetischer Felder aus Sicht deutscher Allgemeinmediziner .....	89
Einfluss menschlicher Faktoren auf die Ergebnisse von zerstörungsfreien Werkstoffprüfungen in Kernkraftwerken .....	91
Untersuchungen zu Grundsatzfragen, zur Langzeitsicherheit und zu den Anforderungen an die Auslegung eines Endlagers für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle .....	92
<b>BfS: FAKTEN UND ZAHLEN</b> .....	96
<b>PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT</b> .....	100
<b>PUBLIKATIONEN</b> .....	108
<b>ABKÜRZUNGEN</b> .....	112

# CONTENTS

Preface.....	5
<b>DECOMMISSIONING OF THE ASSE REPOSITORY .....</b>	<b>7</b>
The Asse II Mine .....	8
Basic Legal Requirements .....	8
Operation of the Asse II Mine .....	10
Planning of the Decommissioning of the Asse II Repository .....	15
Radiological Safety Assessment of the Asse II Repository .....	19
Radiological Monitoring in the Vicinity of the Asse II Repository .....	21
Methods for Monitoring Radioactive Compounds in High-saline Solutions of the Asse Mine .....	22
First Results of the Incorporation Monitoring of the Asse Mine Employees .....	26
Asse Health Monitoring Project .....	28
<b>FURTHER TOPICAL WORKING AREAS OF BfS .....</b>	<b>30</b>
<b>Radiation Protection for the Benefit of Consumer Protection .....</b>	<b>30</b>
BfS as WHO Collaborating Centre for Ionizing and Non-ionizing Radiation and Health .....	30
Radon Protection Concepts: WHO Confirms Recommendations of BfS .....	32
To Which Extent are Building Materials Radioactive? .....	35
Is Radiation from Energy Saving Bulbs Hazardous to Health? .....	36
Monitoring Natural Radionuclides in Drinking Water .....	39
UV Exposure: Sun and Tanning Sunbeds .....	40
X-ray Diagnostics in Germany: Time Trends for the Period 1996 to 2006 .....	42
Update of the Diagnostic Reference Levels in Diagnostic Radiology .....	43
<b>SELECTED WORKING AREAS OF BfS .....</b>	<b>45</b>
<b>Protection from Hazardous Effects of Ionizing and Non-ionizing Radiation .....</b>	<b>45</b>
The German Uranium Miners Cohort Study – Updated Results .....	45
Basic Requirements for the Development of Standards for Radiological Protection .....	46
Frequency of Childhood Cancer in the Vicinity of German NPPs – The KIKK Study .....	48
<b>Protection from Environmental Radioactivity .....</b>	<b>51</b>
Current Developments in Emergency Management and Environmental Monitoring .....	51
Spectrometric Systems Based on Room-temperature Detectors for the Future Optimization of Gamma Dose Rate Networks .....	54
Biological Dosimetry in Europe: Capacity and Potential .....	56
Searching Radioactive Sources with Helicopters .....	57
<b>Nuclear Safety .....</b>	<b>61</b>
Reportable Events 2009 as Part of Operating Experience .....	61
Documentation of Electricity Produced in German Nuclear Power Plants in 2009 .....	64
Update of the German Decommissioning Guideline .....	65
Convention on Nuclear Safety – Improvement Measures between Review Meetings .....	66

<b>Management of Radioactive Wastes</b> .....	68
Transport and Interim Storage of Radioactive Waste and Nuclear Fuels .....	68
Construction of the Konrad Repository .....	73
Morsleben Repository for Radioactive Waste (ERAM) .....	76
Gorleben Exploratory Mine .....	77
Convention on Nuclear Waste Management .....	79
Basics of Security of Nuclear Installations .....	80
<b>The Environmental Research Programme of the Federal Environmental Ministry – Research for Enhancing Nuclear Safety and Radiological Protection</b> .....	83
Powering Cars with Electric Energy - Is there any Significant Magnetic Field Exposure? .....	84
Electric and Magnetic Fields of Power Lines .....	85
Interaction between UV and Infrared Radiation during Carcinogenesis .....	87
Risks of Electromagnetic Fields in the View of General Practitioners in Germany .....	89
Influence of Human Factors on the Results of Non-destructive Material Testing in NPPs .....	91
Investigations on Fundamental Aspects, Long-term Safety and Requirements for a Repository for Heat-generating Radioactive Waste .....	92
<b>BfS: FACTS AND FIGURES</b> .....	96
<b>PRESS AND PUBLIC RELATIONS</b> .....	100
<b>PUBLICATIONS</b> .....	108
<b>ABBREVIATIONS</b> .....	112

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

mit dem 1. Januar 2009 ist dem Bundesamt für Strahlenschutz eine Aufgabe übertragen worden, die das gesamte Amt über das Jahr hinweg vielfältig gefordert hat. Als neuer verantwortlicher Betreiber der Schachanlage Asse II, in die von 1967 bis 1978 schwach- und mittelradioaktive Abfälle eingelagert worden sind, steht das BfS vor der Herausforderung, das alte Endlager nach den Anforderungen des aktuellen Atomrechts stillzulegen.

Das BfS hat eine Anlage übernommen, die zu keiner Zeit die Anforderungen an eine sichere Endlagerung von radioaktiven Abfällen erfüllt hat. So wurden vom BfS zunächst zahlreiche Maßnahmen zur Verbesserung des betrieblichen Strahlenschutzes eingeleitet und Arbeiten zur Verbesserung der Stabilität der Grube ergriffen. Parallel dazu wurden erste Pläne erarbeitet, wie auch für zukünftige Generationen die Sicherheit gewährleistet werden kann. Unter den vorgefundenen schwierigen Bedingungen ist es unser Ziel, die bestmögliche Lösung für die Stilllegung der Anlage zu erreichen. Dafür sind in einem offenen und transparenten Verfahren drei verschiedene Stilllegungsvarianten geprüft worden. Nach den heute vorliegenden Erkenntnissen über die Schachanlage und die Abfälle ist demnach die Rückholung der radioaktiven Abfälle die bestmögliche Lösung. Nur über diesen Weg erscheint es möglich, den gesetzlich geforderten Langzeitsicherheitsnachweis erbringen zu können. Der Schutz der Bevölkerung und der Beschäftigten in der Schachanlage während der Stilllegung und in der Nachbetriebsphase hat für das BfS dabei höchste Priorität. Im nächsten Schritt werden nun weitere Informationen, insbesondere über den konkreten Zustand der Abfälle ermittelt.

Bei der Schließung des Endlagers Asse II hat das BfS neue Formen der Informationsbereitstellung, des Dialogs und der Beteiligung der interessierten Bürgerinnen und Bürger eingeführt beziehungsweise unterstützt. Diese gehen über den gesetzlich festgelegten Rahmen weit hinaus. Wir praktizieren dabei eine umfassende Beteiligung der interessierten Öffentlichkeit bereits bei der Entwicklung von Problemlösungen. Fachliche Kompetenz und Transparenz bei allen relevanten Entscheidungsprozessen bildeten die Voraussetzung dafür, dass verloren gegangenes Vertrauen in staatliches Handeln wiedergewonnen werden konnte, eine Erfahrung, die auch für die anderen Endlagerprojekte des Bundes Maßstäbe setzt. So hat die neue Bundesregierung beschlossen, dass die Erkundung des Salzstocks Gorleben nach einer zehnjährigen Unterbrechung fortzusetzen ist und diese offen und transparent analog des Verfahrens Asse erfolgen sollte.

Das BfS ist nicht nur für die Entsorgung radioaktiver Abfälle zuständig, sondern begreift sich auch als eine Institution des Verbraucherschutzes und möchte mit seiner Arbeit einen Beitrag zur Vorsorge leisten. Es bewertet auf vielen Gebieten zeitnah und vorausschauend die Gefahren beim Umgang mit natürlicher und künstlicher Strahlung, so z. B. bei der Bewertung von Radioaktivität



in Baustoffen, der Überwachung natürlicher Radionuklide im Trinkwasser oder beim Schutz vor den schädlichen Auswirkungen erhöhter Radonkonzentrationen in Räumen. Das BfS liefert damit den Verbraucherinnen und Verbrauchern dienliche Hinweise, um gesundheitsbewusstes Verhalten im Alltag zu erleichtern.

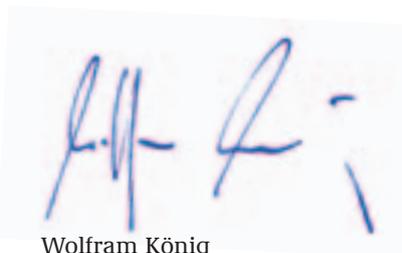
Wie wichtig und notwendig es ist, über die Risiken nicht wahrnehmbarer Strahlung aufzuklären, zeigt die UV-Strahlung. Aufgrund des heutigen Schönheitsideals gebräunter Haut und des damit verbundenen Sonnenbadens sowie der Nutzung von Solarien steigt die Strahlenbelastung der Bevölkerung kontinuierlich an. Derzeit erkranken mehr als 140.000 Menschen in Deutschland jährlich neu an Hautkrebs – Tendenz steigend. Inzwischen ist es unstrittig, dass die UV-Strahlung einen nicht unwesentlichen Beitrag hierzu leistet. Solarien tragen ebenfalls deutlich zu den erhöhten Erkrankungsraten bei. Neben Aufklärung und Information sind hier jedoch auch rechtliche Regelungen erforderlich. So hat sich das BfS für eine gesetzliche Regelung eingesetzt, die vor den schädlichsten Auswirkungen der UV-Strahlung schützt. Im August 2009 wurde im Bundestag das Gesetz zur Regelung des Schutzes vor nichtionisierender Strahlung verabschiedet. Bestandteil dieses Gesetzes ist unter anderem das Verbot zur Nutzung von Solarien durch Minderjährige.

Neben neuen Aufgaben und Erfolgen beim Strahlenschutz war das Jahr 2009 auch aus einem anderen Grund ein besonderes Jahr für das BfS. Es feierte sein 20-jähriges Bestehen. Gegründet wurde das BfS 1989 mit dem Ziel, Kompetenzen auf den Gebieten Strahlen-

schutz, kerntechnische Sicherheit, Transport und Aufbewahrung von Kernbrennstoffen sowie Endlagerung radioaktiver Abfälle zu bündeln. Ich hoffe, dass wir Sie beim Lesen dieses Berichts davon überzeugen können, dass wir darin auf einem guten Weg sind. Weitere aktuelle Informationen zu unserer Arbeit finden Sie natürlich auch auf den Internetseiten des Bundesamtes.

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.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Wolfram König', is centered on a light blue rectangular background.

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)

*On 5 November 2008, the Federal Government decided to transfer the Asse II mine, which had so far been operated according to mining law, to the area of application of nuclear law and to operate it in future as a radioactive waste repository according to § 9 a Atomic Energy Act (AtG). The Federal Office for Radiation Protection (BfS) was charged with taking over the facility on 1 January 2009 from Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (HMGU), operating and decommissioning it according to the provisions applying to repositories. This task was both a significant technical and organisational challenge.*

*In 2009, it was a major issue to create the legal and administrative prerequisites for operating the Asse II mine in compliance with the strict regulations of the Atomic Energy Act until completion of the plan-approval procedure for decommissioning. For this purpose, BfS filed the necessary applications and submitted the planning documents relevant for the decision.*

*On the operational level, solutions had to be found for the most essential stability problems of the facility and a multitude of concrete danger situations had to be managed. Furthermore, one immediately started organising operational radiation protection which is in compliance with the requirements on a nuclear facility.*

*In addition to this, it was essential to ensure the provision of open and transparent information to the local public and to master the nation-wide public interest in what has been happening at the Asse in order to regain lost trust and to create acceptance of the necessary measures to secure and decommission the repository.*

*Among the trust-building measures are the further development and systematic documentation of environmental monitoring around the Asse II mine, the further development and standardisation of specific radioanalytic measuring methods for detecting radionuclides in influent saline solutions, and incorporation measurement of the Asse staff.*

*The central task of decommissioning planning was to determine the best possible decommissioning option for the Asse II mine. This was linked with the development of feasibility and impact studies by external experts for the preferred options of complete backfilling, retrieval, and internal relocation.*

*At the same time, both the evaluation procedure and the evaluation criteria for decision-finding were defined by BfS. Suggestions and statements by the Asse II Accompanying Group, the Comparison of Options working group, and the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear*

*Safety (BMU) were taken into account to the greatest possible extent.*

*On this basis, BfS and BMU arrived at the conclusion in January 2010 that, according to the present state of knowledge, the best variant of how to further deal with the radioactive waste emplaced in the Asse II mine was retrieving the waste.*

Am 05.11.2008 beschloss die Bundesregierung, die bis dahin nach Bergrecht geführte Schachanlage Asse II in den Geltungsbereich des Atomrechts überzuleiten und künftig als Endlager für radioaktive Abfälle nach § 9 a Atomgesetz (AtG) zu führen. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) wurde beauftragt, die Anlage zum 01.01.2009 vom Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (HMGU) zu übernehmen, sie nach den für Endlager geltenden Regelungen zu betreiben und stillzulegen. Diese Aufgabe stellte sowohl in fachlicher als auch organisatorischer Hinsicht eine besondere Herausforderung für das Amt dar.

Im Jahr 2009 ging es u. a. darum, die rechtlichen und administrativen Voraussetzungen zu schaffen, das Endlager Asse II bis zur Planfeststellung zu einer Stilllegung in Übereinstimmung mit den strengen Regelungen des Atomgesetzes zu betreiben. Hierfür hat das BfS die erforderlichen Anträge gestellt und die entscheidungserheblichen Planungsunterlagen geliefert.

Auf betrieblicher Ebene mussten Lösungen für die dringenden Standsicherheitsprobleme der Anlage gefunden und eine Vielzahl konkreter Gefährdungssituationen bewältigt werden. Außerdem wurde sofort damit begonnen, einen betrieblichen Strahlenschutz zu organisieren, der den an eine kerntechnische Anlage zu stellenden Anforderungen genügt.

Darüber hinaus galt es, umgehend eine offene und transparente Information der Bevölkerung in der Region zu gewährleisten und dem bundesweiten öffentlichen Interesse an den Geschehnissen gerecht zu werden. Nur so konnte es gelingen, verloren gegangenes Vertrauen zurückzugewinnen und Akzeptanz für die erforderlichen Maßnahmen zur Sicherung und Stilllegung des Endlagers zu schaffen.

Zu den vertrauensbildenden Maßnahmen zählen auch die Weiterentwicklung und systematische Dokumentation der Umgebungsüberwachung rund um das Endlager Asse II, die Weiterentwicklung und Standardisierung spezifischer radioanalytischer Messverfahren zum Nachweis von Radionukliden in Zutrittslösungen, die Inkorporationsüberwachung der Asse-Beschäftigten und das Gesundheitsmonitoring Asse.

Die zentrale Aufgabe der Stilllegungsplanung bestand darin, die bestmögliche Variante für die Schachtanlage Asse II zu ermitteln. In diesem Zusammenhang wurden für die bevorzugten Optionen Vollverfüllung, Rückholung und interne Umlagerung von externen Gutachtern Machbarkeits- und Auswirkungsstudien erstellt. Zeitgleich wurden sowohl das Bewertungsverfahren als auch die Bewertungskriterien für eine Entscheidungsfindung definiert. Hierbei wurden auch Anregungen und Stellungnahmen der Begleitgruppe Asse II, der Arbeitsgruppe Optionenvergleich (AGO) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) berücksichtigt.

Auf dieser Grundlage kam das BfS in Abstimmung mit dem BMU im Januar 2010 zu dem Ergebnis, dass bei derzeitigem Stand des Wissens die Rückholung der Abfälle aus der Schachtanlage Asse II die beste Variante für den weiteren Umgang mit den dort eingelagerten Abfällen sei.

## DIE SCHACHTANLAGE ASSE II

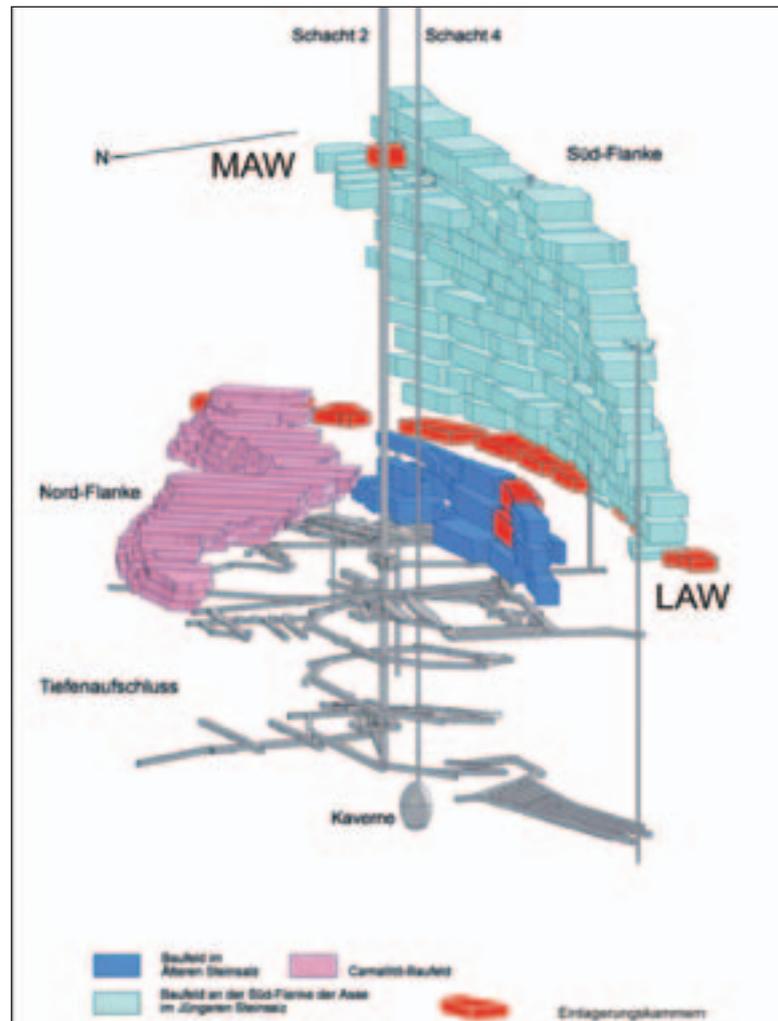
Die Schachtanlage Asse II bei Remlingen im Landkreis Wolfenbüttel wurde von 1909 bis 1964 für die Gewinnung von Kali- und Steinsalz betrieben. Hierbei wurden ein Carnallitabbaufeld und zwei Steinsalzabbaufelder errichtet. Im Zeitraum von 1967 bis 1978 wurden schwach- und mittelradioaktive Abfälle in der Schachtanlage Asse eingelagert. Die Einlagerung von radioaktiven Abfällen wurde am 31.12.1978 beendet. Insgesamt wurden rund 124.500 Fässer mit schwachradioaktiven Abfällen auf der 725- und 750-m-Sohle sowie etwa 1.300 Fässer mit mittelaktiven Abfällen auf der 511-m-Sohle eingelagert.

Zwischen dem damaligen Bundesminister Gabriel (BMU), Bundesministerin Schavan (BMBF) und dem niedersächsischen Umweltminister Sander (NMU) wurde am 04.09.2008 vereinbart, dass die Schachtanlage Asse II bei der Stilllegung verfahrensrechtlich wie ein Endlager für radioaktive Abfälle zu behandeln sei und dass der weitere Betrieb des Endlagers Asse II in die Verantwortung des BfS übergehen solle. Nach einem diesbezüglichen Beschluss des Bundeskabinetts vom 05.11.2008 erfolgte der Übergang der Verantwortung vom HMGU auf das BfS am 01.01.2009.

## RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

### Rechtliche Grundlagen

Die Endlagerung radioaktiver Abfälle ist seit der Atomgesetznovelle von 1976 Aufgabe des Bundes. Zuständig für Errichtung und Betrieb der Bundesendlager ist das Bundesamt für Strahlenschutz. Für die Schachtanlage Asse II, die seit Mitte 1967 für die Einlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle genutzt wurde, galten dagegen die damaligen Regelungen der 1. Strahlenschutzverordnung (StrlSchV), die sich im Hinblick auf die Anforderungen – insbesondere Gewährleistung der Langzeitsicherheit, Öffentlichkeitsbeteiligung – deutlich von den Regelungen aus § 9 b Atomgesetz (AtG) unterschieden.



**Grubenblockbild der Schachtanlage Asse mit Abbaufeldern und Einlagerungskammern**

Rechtsgrundlage für die Einlagerungen in der Asse waren Genehmigungen des Landes Niedersachsen nach § 3 der 1. StrlSchV sowie für die in den Abfällen enthaltenen Kernbrennstoffanteile Genehmigungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB), der Vorgängereinrichtung des BfS, nach § 6 AtG.

Mit der AtG-Novelle von 1976 sind zwar grundsätzliche Neuregelungen für die neu zu errichtenden Anlagen des Bundes zur Endlagerung geschaffen worden, Begleit- oder Übergangsregelungen für die Schachtanlage Asse II sah das Gesetz jedoch nicht vor. Allerdings hat der Gesetzgeber die besondere Rolle der Asse im Gesetzgebungsverfahren gesehen. Die Asse wurde ausdrücklich als eine andere behördlich zugelassene Einrichtung genannt, an die radioaktive Abfälle abgegeben werden können. Aus diesem Grunde sind noch bis 1978 auf Basis von bestandskräftigen Genehmigungen nach § 3 der 1. StrlSchV, also zwei Jahre nach der AtG-Novelle von 1976, Einlagerungen von radioaktiven Abfällen in einer größeren Menge in der Schachtanlage Asse II erfolgt.

Den rechtlichen Rahmen für den Umgang mit radioaktiven Abfällen ab 1976 bildeten somit die erteilten Genehmigungen nach der StrlSchV, darüber hinaus die

erforderlichen bergrechtlichen Betriebsplanzulassungen, einzelne Genehmigungen nach der StrlSchV sowie aufsichtliche Anordnungen nach § 19 Abs. 3 AtG.

Ein reguläres Genehmigungsregime zur Ablösung der aufsichtlichen Anordnungen nach § 19 AtG ist nicht geschaffen worden. Ein neuer rechtlicher Regelungsrahmen ist auch nicht zum 31.10.1993 erarbeitet worden, als in Folge diverser Novellierungen der StrlSchV sämtliche Genehmigungen der 1. StrlSchV unwirksam wurden.

#### **Überleitung in das Rechtsregime des Atomgesetzes**

Für die Stilllegung des Endlagers Asse II war nach den Vorstellungen des früheren Betreibers und der zuständigen Behörden geplant, das Verfahren nach den Vorschriften des Bundesberggesetzes (BBergG) durchzuführen.

Einer Neubewertung auf Grundlage eines Statusberichtes des Landes Niedersachsen zur Asse im Jahre 2008, mehrfacher Verstöße des alten Betreibers gegen die Strahlenschutzverordnung sowie einer zunehmenden, intensiven öffentlichen Diskussion im Bund und im Land Niedersachsen über die Frage, ob ein Verfahren nach dem BBergG die richtige und adäquate Rechtsgrundlage für die Stilllegung des Endlagers Asse sei, war es dann geschuldet, dass die ehemalige Bundesregierung sich dazu entschlossen hat, die Asse in das atomrechtliche Rechtsregime und in die Zuständigkeit des BfS zu überführen. Sie sah dadurch eine optimale und sichere Stilllegung der Asse gewährleistet. Daher wurde durch Beschluss der Bundesregierung vom 05.11.2008 die Schachtanlage Asse II in den Geltungsbereich des Atomgesetzes übergeleitet sowie die Zuständigkeit für den weiteren Betrieb und die Stilllegung zum 01.01.2009 auf das BfS übertragen. Im September 2007 hatte das BfS nach einer im Auftrag des BMU durchgeführten Unterlagenprüfung festgestellt, dass die Anforderungen des Atomrechts durch die im bergrechtlichen Abschlussbetriebsplanverfahren vom früheren Betreiber HMGU eingereichten Unterlagen nicht im vollen Umfang erfüllt werden (BfS-Bericht *Prüfung von Unterlagen zur Schließung der Schachtanlage Asse II im Hinblick auf die Anforderungen eines atomrechtlichen Planfeststellungsverfahrens vom 26.09.2007*). Mit dem 10. Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes vom 17.03.2009 wurde das weitere Verfahren gesetzlich geregelt. Danach sind – so der Wortlaut des Gesetzes – für den Betrieb und die Stilllegung der Schachtanlage Asse II die für Anlagen des Bundes nach § 9 a AtG geltenden Vorschriften anzuwenden. Für den Weiterbetrieb bis zur Stilllegung ist angeordnet, dass es keiner Planfeststellung nach § 9 b AtG bedarf, sondern dass vielmehr bis zur Bestandskraft eines Planfeststellungsbeschlusses zur Stilllegung für den Umgang mit radioaktiven Stoffen Genehmigungen nach den Vorschriften des AtG bzw. insbesondere der StrlSchV ausreichend sind.

Der Beschluss der Bundesregierung vom 05.11.2008 war Ausgangspunkt für die formelle Überführung der Schachtanlage Asse II in den Geltungsbereich des AtG sowie in die Zuständigkeit des BfS. Hierzu sind in kür-

zester Zeit eine Reihe von Maßnahmen durchgeführt worden:

- Überleitung sämtlicher strahlenschutzrechtlicher Genehmigungen durch das Niedersächsische Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (NMU) auf das BfS.
- Überleitung der bestehenden bergrechtlichen Betriebsplanzulassungen durch das Landesamt für Bergbau und Energie (LBEG) auf das BfS.
- Überleitung der Gestattungswirkung aus den Genehmigungen nach § 6 AtG auf das BfS.
- Feststellung des NMU, dass die Gestattungswirkung aus den unwirksam gewordenen Genehmigungen nach der ersten StrlSchV auch zu Gunsten und zu Lasten des BfS fortwirkt sowie, dass die Gestattungswirkung aus den erteilten aufsichtlichen Anordnungen ebenfalls zu Gunsten und zu Lasten des BfS fortwirkt.

Darüber hinaus wurde der rechtliche Rahmen für die Betriebsführung neu geordnet:

- Die Schachtanlage Asse II war als Betriebsteil des HMGU dort in administrativer, fachlicher, vermögensrechtlicher und haushaltsrechtlicher Hinsicht eingegliedert. Zum Jahreswechsel 2008/2009 wurde die bundeseigene Asse-GmbH gegründet, die das BfS als Verwaltungshelfer eingesetzt und mit der Betriebsführung beauftragt hat.
- Ein Betriebsführungsvertrag mit der Asse-GmbH wurde unterzeichnet.
- Die Beschäftigten der Schachtanlage Asse II wurden in die künftige Betriebsgesellschaft Asse-GmbH übernommen, ein Teil der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wurde danach für Asse-Aufgaben vom BfS eingestellt.

#### **Betrieb ab dem 01.01.2009**

Ab dem 01.01.2009 erfolgte der Weiterbetrieb zunächst auf Grundlage der zum 01.01.2009 übergeleiteten Gestattungen und Genehmigungen. Im Hinblick auf die Schaffung eines auch rechtlich verbesserten Betriebsregimes hat das BfS am 21.04.2009 einen Antrag nach § 7 StrlSchV für den Umgang mit radioaktiven Stoffen gestellt. Genehmigt werden soll der Umgang mit kontaminierten festen Stoffen, flüssigen Stoffen und Gasen sowie das auf Grundlage der geltenden StrlSchV erarbeitete neue Betriebsregime für das Endlager Asse II, insbesondere eine neu gefasste Strahlenschutzordnung nach atomrechtlichem Regime. Die Strahlenschutzordnung wurde unmittelbar nach der Antragstellung vorläufig in Kraft gesetzt. Das BfS verpflichtet sich damit bereits vor der Genehmigung zur Anwendung der strengeren Regelungen.

Eine besondere Herausforderung für den laufenden Betrieb stellten im Jahr 2009 zahlreiche Einzelfallmaßnahmen dar, für die nunmehr nicht nur bergrechtliche Betriebsplanzulassungen notwendig waren. Darüber hinaus war auch eine Prüfung auf ihre strahlenschutzrechtliche Relevanz durchzuführen. Hierbei war von besonderer Bedeutung, ob und ggf. welche Aus-

wirkungen eine geplante Maßnahme auf den laufenden Betrieb oder eine der Stilllegungsoptionen aufweist.

Für die Errichtung, den Betrieb und die Stilllegung von Endlagern hat der Bund eine doppelte Sicherung eingerichtet, die auch in den von den Ländern erteilten Zulassungen festgelegt ist:

- Eine interne Endlagerüberwachung sorgt unter dem Dach des BfS für Qualitätssicherung, damit alle rechtlichen, technischen und organisatorischen Anforderungen eingehalten werden.
- Eine externe Aufsicht (Fach- und Rechtsaufsicht) wird durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ausgeübt.

## BETRIEBLICHE AKTIVITÄTEN

Das BfS als neuer Betreiber hat entschieden, vor der Festlegung eines Stilllegungskonzeptes einen Optionenvergleich durchzuführen. In diesem Optionenvergleich soll das zur Gewährleistung der Einhaltung der Schutzziele am besten geeignete Konzept für die Stilllegung ausgewählt werden.

Bis zur Genehmigung des ausgewählten Konzepts ist das Bergwerk in einem betriebssicheren Zustand offen zu halten und ausreichend Vorsorge gegen Schäden nach den Maßstäben des AtG und BBergG zu treffen. Um den sicheren Betrieb aufrechtzuerhalten, ist es unter anderem notwendig, das aus dem Deckgebirge in das Endlager eindringende, steinsalzgesättigte Grundwasser (ca. 12 m<sup>3</sup>/Tag) kontinuierlich aufzufangen und größtenteils aus der Schachanlage zu fördern. Zudem sind Maßnahmen zur Verbesserung der Standsicherheit zu treffen, um das Risiko einer Erhöhung des Zuflusses aus dem Deckgebirge zu verringern.

Neben den üblichen Aufgaben der Unterhaltung eines Bergwerksbetriebes stellt der Betrieb des Endlagers Asse II das BfS also vor besondere Herausforderungen. Diese ergeben sich aus den bergbaulichen Risiken in Verbindung mit den eingelagerten radioaktiven Abfällen und erstrecken sich u. a. auf:

- Lösungsmanagement und -verwertung.
- Maßnahmen zur Beseitigung von bergbaulichen oder radiologischen Gefahren.
- Maßnahmen zur Reduzierung der Verformung des Grubengebäudes (z. B. Firstspaltverfüllung).
- Die intensive Standortüberwachung.
- Die Planung und Vorbereitung von Notfallmaßnahmen.
- Die Einrichtung eines anforderungsgerechten Strahlenschutzregimes.

Mit der Übernahme der Schachanlage Asse II ist das BfS verantwortlich für den sicheren Betrieb der Anlage. Es plant, koordiniert und überwacht die für den Betrieb erforderlichen Arbeiten der Asse-GmbH.

## Lösungsmanagement und -verwertung

Seit 1988 sind in der stark durchbauten Südflanke der Schachanlage Asse II in einem Tiefenbereich zwischen 500 m und 575 m Lösungszutritte beobachtet worden. Die Lösungen stammen aus dem Deckgebirge und gelangen durch die z. T. nur wenige Meter dicke, aufgelockerte Steinsalzbarriere in das Bergwerk. Derzeit gelangen ca. 12 m<sup>3</sup>/Tag Steinsalz (NaCl)-gesättigtes Formations- und Grundwasser (Zutrittslösung) in das Bergwerk.

Die Lösung wurde in offenen Becken auf der 658-, der 725- und der 750-m-Sohle aufgefangen und bis 2005 in Sumpfstrecken (Grubenhohlraum zum Speichern von Flüssigkeit) auf der 850-, 875- und 975-m-Sohle geleitet. Die gespeicherte Lösung wurde von 1996 bis 2004 als Staubinder der mit Druckluft in die Abbaue der Südflanke eingebrachten Verfüllung aus feinkörnigem Salzgesteinsmaterial (Salzgrus) zugegeben. 2005 wurde mit der K+S Entsorgung GmbH ein Vertrag zur Abgabe der noch vorhandenen und weiterhin zutretenden Lösung an das stillgelegte Bergwerk Mariagluck bei Höfer geschlossen.

Zur Bereitstellung für die Abgabe an die K+S Entsorgung GmbH wurde die Zutrittslösung von den Auffangbecken auf der 658- und 725-m-Sohle in unregelmäßigen Abständen in ein Zwischenspeicherbecken auf der 490-m-Sohle gefördert. Sie konnte durch die lange Verweildauer in den offenen Auffangbehältern auf der 658- und der 725-m-Sohle größere Mengen an Tritium (H-3) aus der Grubenluft aufnehmen. Zum Teil wurde die Zutrittslösung mit Prozesswässern (Waschwässer, Spüllösungen) aus dem Grubenbetrieb vermischt.

Im Juni 2008 untersagte die Genehmigungsbehörde die externe Verwertung aufgrund fehlender strahlenschutzrechtlicher Genehmigungen. Es bestanden Unsicherheiten, ob möglicherweise Vermischungen von Zutrittslösung mit radioaktiv kontaminierter Lösung aus dem Bereich der 750-m-Sohle (aus dem Sumpf vor Kammer 12 bzw. unter der Fahrbahn der 750-m-Sohle) erfolgt waren.

Wegen der Unterbrechung wurde die Zutrittslösung zunächst unter Tage in Notspeicherbecken gesammelt.



Abtransport des letzten mobilen Lagertanks für Salzlösungen

Zum Herbst 2008 wurden aufgrund fehlender untertägiger Speicherkapazitäten zusätzlich oberirdische Speicher (mobile Lagertanks) eingesetzt. Hierbei wurden die Kapazitätsgrenzen der Schachtanlage nahezu ausgeschöpft und die Sicherheitsreserven der Schachtanlage beeinträchtigt (Blockierung des Hubschrauberlandeplatzes, Möglichkeit von Leckagen, keine weitere Notfallreserve).

Nach Übernahme der Betreiberverantwortung konnte das BfS nachweisen, wie und in welchem Umfang die Aufnahme von Tritium in der Zutrittslösung aus der Grubenluft erfolgt. Ein auf diesen Untersuchungsergebnissen basierendes Lösungsmanagement wurde im Januar 2009 den örtlichen Bürgern und der betroffenen Gemeinde am Standort des Verwertungsbergwerkes Mariagluck in Höfer erläutert.

Das neue Lösungsmanagement gewährleistet einen geringen und möglichst kurzzeitigen Kontakt der Zutrittslösungen mit tritiumhaltiger Grubenluft. Dies wurde u. a. durch eine Sonderbewetterung (Frischluferversorgung) der Beckenstandorte an der Hauptauffangstelle auf der 658-m-Sohle und dem Zwischenspeicherbecken 3 auf der 490-m-Sohle sowie durch kürzere Lagerzeiten erreicht.

Mit dem neuen Lösungsmanagement ist es dem BfS gelungen, die Tritiumbelastung der Zutrittslösung von mehr als 300 Becquerel (Bq) bis auf unter 10 Bq je Liter zu vermindern. Dadurch konnte die Akzeptanz für die Wiederaufnahme der Verbringung von Zutrittslösung in die Grube Mariagluck wiederhergestellt werden. Die Transporte wurden am 06.02.2010 wieder aufgenommen. Für den Fall, dass eine Abgabe der Zutrittslösung in Mariagluck nicht mehr möglich ist, müssen Alternativen geschaffen werden. Darüber hinaus ist zur Verbesserung der Anlagensicherheit durch Erhöhung der Speicherreserven für Zutrittslösungen die Herstellung von Grubenbauen auf der 800-m-Sohle geplant.

Eine Abgabe der auf der 725-m-Sohle und 750-m-Sohle gesammelten Zutrittslösung an die K+S Entsorgung GmbH ist im Lösungsmanagement des BfS nicht vorgesehen. Diese und Lösungen aus dem kritisierten Lösungsmanagement des bisherigen Betreibers, die zwischen Herbst 2008 und Februar 2009 auf dem Gelän-

de der Schachtanlage zwischengespeichert werden mussten, wurden nicht extern in Mariagluck verwertet. Der Tritiumgehalt dieser Lösungen übersteigt den vom BfS selbst festgelegten Wert von max. 40 Bq/l (Zum Vergleich: Trinkwasser darf gemäß der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) bis zu 100 Bq/l Tritium enthalten.).

Lösungen, deren Tritiumgehalt über 40 Bq/l liegt, werden intern zur Herstellung von Sorelbeton für Verfüllmaßnahmen in der Schachtanlage verwendet.

Sorelbeton wird u. a. für die Verfüllung der nicht mehr benötigten Hohlräume unterhalb der 800-m-Sohle (Tiefenaufschluss) genutzt. Der frühere Betreiber HMGU hatte diesen Bereich mit Salzgrus gefüllt und danach mit Magnesiumchloridlösung ( $MgCl_2$ ) geflutet. Nach einer Pilotphase vom Mai bis Juli 2009, bei der kleinere Betonmengen mit unterschiedlicher Rezeptur getestet wurden, haben die Verfüllarbeiten des Tiefenaufschlusses im großen Maßstab im Oktober 2009 begonnen. Die vollständige Entleerung, Reinigung und der Abtransport der mobilen Lagertanks fand von Ende Oktober bis Anfang November 2009 statt.

#### Gefahrenabwehrmaßnahmen

Nach der Betriebsübernahme wurden durch das BfS mehrere potenzielle Gefahrensituationen festgestellt. Sie betrafen die Einlagerungskammern 4 und 5 auf der 750-m-Sohle und die ehemalige sog. „Besucherkammer“ auf der 725-m-Sohle. Die potenziellen Gefahrensituationen sollten ursprünglich durch den ehemaligen Betreiber mit den laufenden vorgezogenen Schließungsmaßnahmen abgestellt werden. Die vorgezogenen Schließungsmaßnahmen waren im Hinblick auf eine Schließung nach Atomrecht untersagt worden und wurden daher abgebrochen.

Bereits im Dezember 2008 wurde eine erhöhte mikro-seismische Aktivität im Gestein oberhalb der Kammer 4/750 registriert. Es war nicht auszuschließen, dass sich Gesteinsbrocken von der Decke lösen und auf die radioaktiven Abfälle stürzen (Löserfall), die ohne Abdeckung stehend in der Kammer lagern. Es hatte die potenzielle Gefahr einer Ausbreitung von luftstaubgetragener Aktivität (Aerosole) durch den bestehenden alten, stark deformierten Kammerverschluss in die Grubenluft bestanden.

### SORELBETON

Sorelbeton ist ein spezieller Bergbaubeton, der aus Magnesiumoxid, Magnesiumchloridlösung und Steinsalz besteht. In der Asse wird er zur mechanischen Stabilisierung des Salzstocks verwendet. Das Spezialmaterial dient dazu, die Hohlräume der Firstspalten zu verfüllen und untertägige Bauwerke zu errichten. Hergestellt wird der Sorelbeton über und unter Tage der Asse-Schachtanlage in Förder-, Dosier- und Mischanlagen.

Bisher wurden rund 48.000 Kubikmeter Sorelbeton produziert und in verschiedene Kammern gepumpt.



Verstärkter Verschluss von Kammer 4/750



**Ablösungen an der Firste der Kammer 7/725**

Zur Eindämmung von möglichen Aerosolausbreitungen wurde der Kammerverschluss vor Kammer 4 auf der 750-m-Sohle mit Sorelbeton verstärkt. Hierfür musste der Kammerzugang zunächst freigeräumt und loses Gestein entfernt werden. Danach erfolgte die Errichtung der sichtbaren Kalksandsteinmauer als Widerlager für den Sorelbeton, mit dem der Hohlraum hinter der Mauer durch Öffnungen im oberen Bereich der Mauer vergossen wurde. Das Dammbauwerk aus Sorelbeton bildet den Kammerverschluss.

An der Decke der Kammer 7 auf der 725-m-Sohle wurden im April 2009 unmittelbar über eingelagerten Fässern mehrere schalige Ablösungen entdeckt. In der vom ehemaligen Betreiber für Besucherführungen offengehaltenen Einlagerungskammer waren an einer Böschung nur teilweise mit Salz bedeckte Abfallfässer sichtbar.

Der Absturz eines Gesteinsbrockens aus einer Höhe von ca. 12 m auf die offen in der Böschung lagernden Fässer war nicht auszuschließen. In diesem Falle hätte die Ge-



**Kammer 7/725 nach Beseitigung der Gefahrensituation (Entfernen der Abschalung und Abdeckung der Abfälle)**

fahr der Zerstörung der freiliegenden Fässer und damit der Ausbreitung radioaktiver Aerosole über den Abluftstrom in der Grube bestanden. Um eine mögliche Beschädigung durch herabstürzende Gesteinsbrocken zu verhindern, ließ das BfS nicht vollständig bedeckte Fässer in der Kammer zunächst mit Salzgrus überdecken.



**Zustand der Kammer 5/750 vor den Sicherungsmaßnahmen**

Auf dieser einplanierten Fläche wurden danach mit einer Fräse die gelockerten Gesteinsbrocken von der Kammerdecke entfernt.

Im Zuge der Überprüfung weiterer offener, noch an das Belüftungssystem (Bewetterung) angeschlossener Einlagerungskammern wurde am 06.05.2009 festgestellt, dass in der Kammer 5 auf der 750-m-Sohle bereits Gesteinsbrocken aus relativ geringer Höhe auf offen liegende Fässer gefallen waren. Zudem waren die eingelagerten Fässer zum Teil deformiert und wiesen erste Risse auf. Es war nicht auszuschließen, dass Abfallgebände unter den herabgefallenen Gesteinsbrocken bereits beschädigt worden waren. Es bestand somit die Gefahr, dass offen lagernde radioaktive Partikel über den Abwetterstrom (Abluftstrom) aus der Kammer in das Grubengebäude getragen werden.

Um die potenzielle Gefahrensituation zu entschärfen, erfolgte der Verschluss des offenen Zugangs mit einem Kammerverschluss. Die Erstellung des Bauwerkes aus Sorelbeton erfolgte durch die Errichtung von zwei Widerlagern aus Mauerwerk und der Füllung des Zwischenraums zwischen den Schalungsmauern mit Sorelbeton. Die Kammer selbst wurde nicht verfüllt. Nach Vorliegen der erforderlichen Genehmigungen wurden die Arbeiten im Mai begonnen und im Juni 2009 mit Verfüllung einer Belüftungsbohrung in die Einlagerungskammer 5/750 abgeschlossen. Die potenzielle Gefahrensituation wurde damit beseitigt.

#### **Maßnahmen zur Reduzierung der Verformung des Grubengebäudes (Firstspaltverfüllung)**

Bei der Betriebsübernahme waren nahezu alle Kammern an der Südflanke der Schachtanlage, in die keine radioak-



**Verschluss Kammer 5/750**

tiven Abfälle eingelagert sind, mit Salzgrus verfüllt. Das Material wurde über große Rohrleitungen in die Kammern eingeblasen. Das Eigengewicht des Materials bewirkte zwar eine erste Stabilisierung der Stützelemente zwischen den Abbaukammern (Pfeiler) und eine anfänglich nur sehr langsam einsetzende Reduzierung der Gebirgsverformung. Eine sofortige Stützwirkung wurde aber nicht erreicht.

Salzgrus weist einen hohen Anteil an Luftporenvolumen auf. Durch Setzung des eingebrachten Versatzmaterials sind unter den Kammerdecken Hohlräume (Firstspalte) mit einer durchschnittlichen Höhe von etwa 35 cm entstanden. Bereits im Oktober 2007 wurde in einem vom BfS initiierten Fachgespräch festgestellt, dass durch Verfüllung der Hohlräume mit einem Spezialbeton (Sorelbeton) die Gebirgsverformungen frühzeitig verlangsamt und damit die Sicherheitssituation verbessert werden kann. Diese Feststellung wurde Ende 2008 durch eine von der Arbeitsgruppe Optionenvergleich (AGO, s. Infokasten S. 15) veranlasste Untersuchung bestätigt.

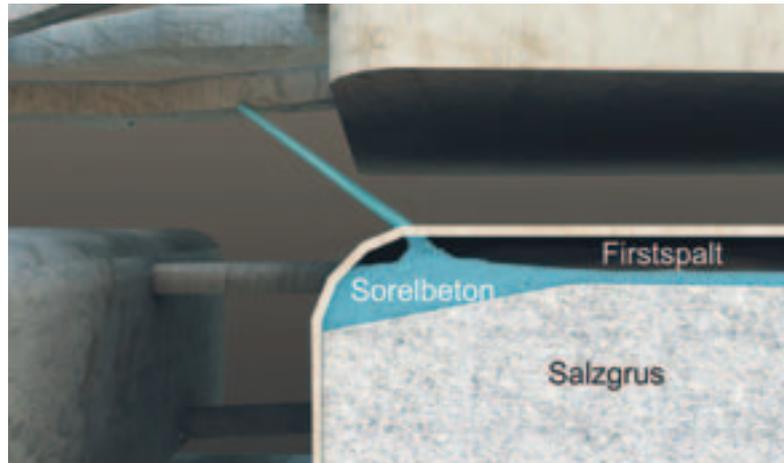
Die Verfüllung der Hohlräume zwischen den Decken der Abbaue und dem eingebrachtem Salzgrus stellt komplexe Anforderungen an den Betrieb. Es mussten umfangreiche

### **Firstspalte**

Hohlräume im Deckenniveau, die nach der Verfüllung mit lockerem Salz durch Absetzvorgänge des Verfüllmaterials entstehen.

### **Firstspaltverfüllung**

Auffüllen von Resthohlräumen zwischen den Decken (Firsten) der Abbaue (Hohlraum, in dem keine radioaktiven Abfälle eingelagert sind) und dem eingebrachten Salzversatz.



**Prinzipskizze einer Firstspaltverfüllung**

planerische Vorarbeiten geleistet und die notwendigen Genehmigungen bei den zuständigen Behörden beantragt werden. Insgesamt wurden zwölf Sonderbetriebspläne mit den detaillierten Ausführungsplanungen für die Firstspaltverfüllung erarbeitet und der Bergbehörde zur Zulassung vorgelegt. Parallel erfolgten Prüfungen nach den Anforderungen des Atomrechts und der Strahlenschutzverordnung.

Zu den vorbereitenden Maßnahmen der eigentlichen Verfüllung der Firstspalte zählen u. a. die Wiederherstellung bereits mit Salzgrus verschlossener Strecken zu den Abbauen, das Verlegen von Versorgungsleitungen, die Erstellung von Versuchs-, Versorgungs- und Verfüllbohrungen sowie die Errichtung und Inbetriebnahme von Misch- und Pumpanlagen für den Baustoff. Die untertägigen Schächte (Blindschächte) 1, 2, und 3 müssen zunächst von losem Gestein befreit und die Einbauten entfernt werden (be- und ausrauben), um sie anschließend verfüllen zu können.

Das gewonnene Salz aus den wiederhergestellten Streckenabschnitten wird im Wesentlichen zur Herstellung von Sorelbeton verwendet.

Alle Maßnahmen werden so geplant, dass weiterhin Aufklärungsarbeiten zur Existenz und Herkunft von Kontaminationen möglich sind. Die Maßnahmen dürfen ferner keine negativen Auswirkungen auf die Betriebssicherheit haben. Nachteilige Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit sind ebenfalls auszuschließen, die Möglichkeit der Realisierung alternativer Schließungskonzepte bleibt gewährleistet.

Die Verfüllung des ersten Firstspaltes in Abbau 6 der 532-m-Sohle wurde im Dezember 2009 vorgenommen.

### **Standortüberwachung**

Das BfS setzt die bereits bestehende umfangreiche gebirgsmechanische Standortüberwachung des ehemaligen Betreibers fort und passt diese den aktuellen Anforderungen an. In einem geotechnischen Überwachungsprogramm werden die im Gebirge auftretenden Spannungen und Verformungen erfasst und dokumentiert.

Die Überwachung des aus dem Deckgebirge in das Grubengebäude zutretenden salzhaltigen Grundwassers (Zutrittslösung) wurde intensiviert. Die Zutrittsmengen werden täglich gemessen. In regelmäßigen Abständen werden che-

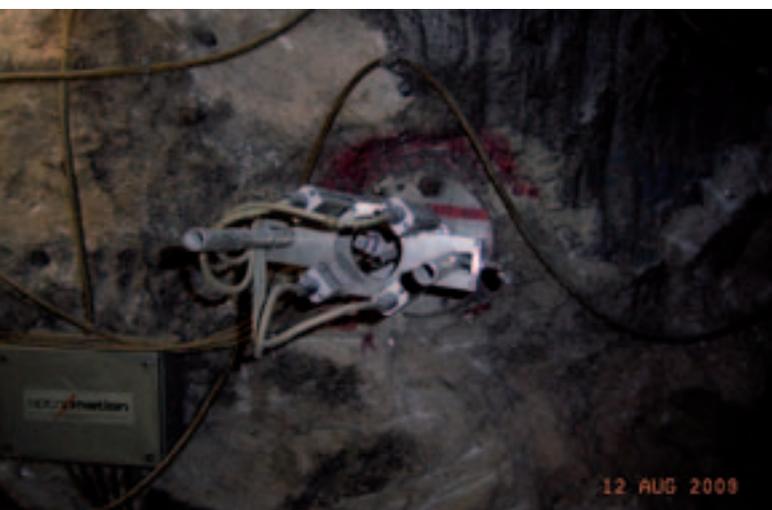
mische Analysen der Zutrittslösung vorgenommen. Zusätzlich hat das BfS auch entsprechend den atomrechtlichen Anforderungen eine Meldeordnung für besondere sicherheitsrelevante Ereignisse (z. B. Ablösung von Gesteinbrocken aus der Decke, Zunahme der Zutrittslösung) eingeführt. Hierdurch wird eine rechtzeitige Information aller verantwortlichen Personen, der Behörden und der Öffentlichkeit sichergestellt. Die Auswertung der gebirgsmechanischen Überwachung wurde intensiviert. Abweichend vom bisherigen jährlichen Rhythmus werden die ermittelten Daten zeitnah der berg- und atomrechtlichen Aufsicht sowie der Endlagerüberwachung vorgestellt. Es erfolgte eine Umstellung der Messeinrichtungen zur Verformung des Gebirges von diskontinuierlichen Messungen auf eine Online-Registrierung. So ist zukünftig jederzeit eine zeitnahe Auswertung dieser Daten möglich.

Kontrollbefahrungen des Grubengebäudes, insbesondere aller zuflussgefährdeten Teile des Endlagers und der Einrichtungen des Lösungsmanagements, erfolgen auch an den Wochenenden, um Gefahrenlagen rechtzeitig zu erkennen.

#### **Notfallvorsorge und Planung von Notfallmaßnahmen**

Zum sicheren Betrieb einer kerntechnischen Anlage gehört es, dass Vorkehrungen getroffen werden, die das Eintreten von Ereignissen verhindern, bei denen weder ein Weiterbetrieb möglich ist, noch eine geordnete Stilllegung durchgeführt werden kann. Darüber hinaus sind Maßnahmen zu planen, die die Auswirkungen solcher Ereignisse verringern.

Unabhängig von allen Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitssituation des Endlagers besteht das Risiko, dass jederzeit ein unbeherrschbarer Anstieg der aus dem Deckgebirge zutretenden Lösung erfolgen kann. Um auf ein solches Ereignis vorbereitet zu sein, müssen Präventivmaßnahmen getroffen werden. Ziel ist dabei sowohl der Schutz der Beschäftigten als auch der Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor radiologischen Auswirkungen eines solchen Ereignisses.



**Automatische Messeinrichtung zur Feststellung von Gebirgsbewegungen**

Das BfS hat die Asse-GmbH damit beauftragt, Ausführungsplanungen für solche Präventivmaßnahmen vorzunehmen und diese auch umzusetzen. Die Asse-GmbH hat mit Detailplanungen und Maßnahmen zur Verbesserung der Auslegung, der Fassung und des Transportes der Zutrittslösung begonnen (z. B. Einrichtung eines Notfalllagers für Pumpen und Rohrleitungen, redundante Ausstattung der Anlagen des Lösungsmanagements, Erweiterung der Speicherkapazitäten).

Diese Präventivmaßnahmen sind auch Bestandteil des Vorsorge- und Notfallplans. Dieser umfasst alle Maßnahmen, die einer Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines unbeherrschbaren Lösungszutritts und der Verringerung der radiologischen Konsequenzen nach Eintritt eines solchen Ereignisses dienen, sowie Maßnahmen, die ergriffen werden müssen, wenn die Grube trotz aller Bemühungen absäuft, also der Notfall eintritt. Der zusammenfassende Bericht zur Notfallplanung wurde Ende Februar 2010 fertiggestellt. Die Wirksamkeit aller darin enthaltenen Maßnahmen wurde durch quantitative Abschätzungen ermittelt. Auf dieser Basis werden Prioritäten für das weitere Vorgehen festgelegt.

#### **Betrieblicher Strahlenschutz**

Mit Übernahme des Betriebes durch das BfS wurden eine Strahlenschutzordnung sowie neue Strahlenschutzanweisungen und Betriebsordnungen erstellt. Die Strahlenschutzbereiche wurden neu festgelegt und unter Tage alle Bereiche als „Verdachtsflächen“ ausgewiesen, in denen in der Vergangenheit mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wurde und das Vorhandensein abgedeckter radioaktiver Restkontaminationen nicht ausgeschlossen werden kann. Um jede Verschleppung von Kontaminationen zu verhindern, wird bei Personen, die sich in Strahlenschutzbereichen oder Verdachtsflächen aufgehalten haben, eine Kontaminationskontrolle durchgeführt. Zum Zweck der Dosisüberwachung werden alle Personen mit einem Personendosimeter ausgestattet. Bei beruflich strahlenexponierten Personen ist zur Beweissicherung eine routinemäßige Inkorporationsüberwachung durchzuführen.

Vor der Durchführung von Baumaßnahmen erfolgen Arbeitsfreigaben. Zur Sicherstellung der Emissionsüberwachung wurde das Messsystem für Radionuklide in der Abluft des Endlagers Asse II verbessert.

Um interessierten Besucherinnen und Besucher auch weiterhin eine Befahrung der Anlage außerhalb von Kontrollbereichen zur ermöglichen, wurden neue Zugangsregelungen erlassen.

Zur Schaffung der notwendigen betrieblichen Grundlagen für den Strahlenschutz im Endlager Asse II und den damit verbundenen sicheren Betrieb der Anlage hat das BfS am 21.04.2009 einen Antrag auf Genehmigung des Umgangs mit sonstigen radioaktiven Stoffen gemäß § 7 StrlSchV beim NMU gestellt. Durch den Antrag, der aus Unterlagen zur Sicherheitsüberprüfung, untersetzenden Unterlagen und zahlreichen weiteren Verfahrensunterlagen (z. B. Systembeschreibungen) besteht, wird für den Betrieb und den Strahlenschutz des Endlagers Asse II eine den atomrechtlichen Anforderungen entsprechende Basis geschaffen.

## STILLEGUNGSPLANUNG ENDLAGER ASSE II

### Ausgangslage für das Jahr 2009

Nachdem das Stilllegungskonzept des früheren Betreibers öffentlich in die Kritik geraten war, vereinbarten das BMBF, das BMU und das NMU im November 2007, auch andere Schließungsmöglichkeiten zu prüfen. Im März 2008 wurde in diesem Zusammenhang die Arbeitsgruppe Optionenvergleich (AGO) eingesetzt. Der an die AGO gerichtete Auftrag bestand im Wesentlichen darin, das Stilllegungskonzept des HMGU zu prüfen, Maßnahmen zur Verbesserung der Grubenstabilität zu entwickeln und zu untersuchen, welche Stilllegungsvarianten vor dem Hintergrund der geologischen und gebergsmechanischen Randbedingungen für das Endlager Asse grundsätzlich denkbar wären.

Im Februar 2009 legte die AGO einen Zwischenbericht (siehe [http://www.endlager-asse.de/cln\\_137/Shared-Docs/StudienGutachten/ago\\_zwischenbericht.html?nn=571316](http://www.endlager-asse.de/cln_137/Shared-Docs/StudienGutachten/ago_zwischenbericht.html?nn=571316)) vor, der folgende Stilllegungsoptionen zur weitergehenden Prüfung aufzeigte:

1. Die Stilllegung mit Verbleib der Abfälle im Endlager (Vollverfüllung).
2. Die Rückholung der schwachradioaktiven Abfälle bzw. aller Abfälle.
3. Die interne Umlagerung der radioaktiven Abfälle in tiefere Schichten.

### Beteiligung der Öffentlichkeit

Eine umfangreiche Information und Beteiligung der Öffentlichkeit war vom BfS während des gesamten Prozesses des Optionenvergleichs vorgesehen. Diese begann mit der Betrachtung alternativer Stilllegungsoptionen bis hin zur öffentlichen Diskussion der BfS-Entscheidung zum gewählten Stilllegungskonzept für das Endlager Asse II. Wichtige Institutionen im Verfahren waren die „Begleitgruppe Asse II“ und die AGO (siehe Infokasten). Darüber hinaus erfolgte eine laufende Unterrichtung der Öffentlichkeit über die Infostelle „Info Asse“, das Internet ([www.endlager-asse.de](http://www.endlager-asse.de)), die „Asse Einblicke“, die Presse sowie durch Informationsveranstaltungen.

### Kriterienbericht und Optionenvergleich

Für die drei von der AGO vorgeschlagenen Optionen wurden vom BfS im Frühjahr 2009 Machbarkeits- und Auswirkungsstudien in Auftrag gegeben.

Die Entscheidung, welche der Optionen am besten für die Stilllegung der Asse geeignet ist, erfolgte auf der Grundlage eines vorab entwickelten Kriterienkatalogs. Im Mai 2009 veröffentlichte das BfS einen ersten Entwurf „Kriterien zur Bewertung von Stilllegungsoptionen für das Endlager für radioaktive Abfälle Asse“, in dem unterschiedliche Kriterien sowie ein Vorschlag für ein Bewertungsverfahren zur Diskussion gestellt wurden. In den Bericht gingen Anregungen und Stellungnahmen der Begleitgruppe Asse II, der AGO und des BMU ein.

<b>BERATENDE GREMIEN</b> Schon im Vorfeld des Planfeststellungsverfahrens, also auch während des Optionenvergleichs, legte das BfS großen Wert auf die Meinung von Bürgern, Wissenschaftlern und Politikern aus der Region. Im BMU sind mit der Entsorgungskommission und der Strahlenschutzkommission ebenfalls beratende Expertengremien angesiedelt.	
<b>ARBEITSGRUPPE OPTIONENVERGLEICH (AGO)</b> Im März 2008 wurde unter Federführung des BfS und des Forschungszentrums Karlsruhe die Arbeitsgruppe Optionenvergleich (AGO) gegründet, die den Auftrag hat, verschiedene Formen der Stilllegung zu untersuchen. Dafür wurden Gutachten in Auftrag gegeben, die einen Optionenvergleich auf wissenschaftlicher Grundlage möglich machen. In der AGO sind drei von der Begleitgruppe Asse II ausgewählte Experten vertreten. Seit dem Betreiberwechsel ist das BfS nur noch beratend an der AGO beteiligt. Das NMU hat einen Vertreter zur informellen Teilnahme entsandt.	<b>ENTSORGUNGSKOMMISSION (ESK)</b> Die Entsorgungskommission berät das BMU in den Angelegenheiten der nuklearen Entsorgung. Diese umfasst auch die Stilllegung und den Rückbau kerntechnischer Einrichtungen sowie die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen. In der ESK sitzen Fachleute von Universitäten, Energieversorgern und Sachverständigenorganisationen. <a href="http://www.entsorgungskommission.de">www.entsorgungskommission.de</a>
<b>BEGLEITGRUPPE ASSE II</b> Die Asse-II-Begleitgruppe setzt sich aus Abgesandten des Landkreises Wolfenbüttel, der im Kreistag vertretenen Fraktionen, der BürgermeisterInnen der anliegenden Samtgemeinden sowie der Bürgerinitiativen und Umweltverbände zusammen. Unter dem Vorsitz des Landrats Jörg Röhm bündelt sie die Interessen der Region und berät das BfS. <a href="http://www.asse-2-begleitgruppe.de">www.asse-2-begleitgruppe.de</a>	<b>STRAHLENSCHUTZKOMMISSION (SSK)</b> Die Strahlenschutzkommission berät das BMU in allen Angelegenheiten des Schutzes vor ionisierenden und nichtionisierenden Strahlen. Ihr gehören Ärzte und Wissenschaftler an. <a href="http://www.ssk.de">www.ssk.de</a>

Mit Stand vom 30. September 2009 wurde schließlich der Endbericht (siehe <http://www.endlager-asse.de/cae/servlet/contentblob/651020/publicationFile/42325/Kriterienkatalog.pdf>) veröffentlicht. In diesem wurden zur Bewertung der Stilllegungsoptionen abschließend fünf Beurteilungsfelder und insgesamt 18 Kriterien definiert (s. Tab. unten).

Im Anschluss an die Veröffentlichung des Kriterienberichtes wurden am 02.10.2009 die Ergebnisse der Machbarkeitsstudien zu den drei bevorzugten Stilllegungsoptionen in einer öffentlichen Informationsveranstaltung in Schöppenstedt vorgestellt. Die Ergebnisse der Gutachter lassen sich wie folgt zusammenfassen:

**Option 1: Vollverfüllung**

Das Konzept der Vollverfüllung sieht vor, dass die radioaktiven Abfälle am derzeitigen Ort verbleiben. Die vorgesehenen Stilllegungsmaßnahmen entsprechen dem Stand der Technik und wurden, bis auf den Verschluss der Tagesschächte, auf der Schachanlage Asse II zum Teil bereits erprobt. Die technische Machbarkeit der Vollverfüllung ist daher gegeben. Der Zeitbedarf für die Stilllegungsmaßnahmen beträgt laut Aussage der Gutachter etwa 8 Jahre. Ein Beginn der Arbeiten wäre zeitnah möglich. Ziel der Vollverfüllung ist es, eine Auspressung von Lösungen in das Deckgebirge und somit eine Freisetzung von radioaktiven Stoffen bis ins Grundwasser zu verzögern und zu minimieren, so dass eine mögliche Strahlenbelastung von Mensch und Umwelt im Rahmen des gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwertes bleibt.

Dies soll im Wesentlichen durch

- die Verfüllung und Abdichtung der Einlagerungsbereiche,
- die Reduzierung verbleibender Hohlräume und
- die Einleitung von Magnesiumchloridlösung unterhalb der 700-m-Sohle erreicht werden.



Am 2.10.2009 wurden in Schöppenstedt die Ergebnisse der Machbarkeitsstudien zu den drei bevorzugten Stilllegungsoptionen vorgestellt

**Option 2: Rückholung**

Bei einer Rückholung der schwachradioaktiven Abfälle würden je nach Variante zwischen 70 % und 100 % des Aktivitätsinventars der schwachradioaktiven Abfälle (LAW) in der Asse geborgen, nach über Tage transportiert und endlageregerecht verpackt werden. Die Gutachter kamen zu folgenden Ergebnissen:

*Variante 1: 70 % des schwachradioaktiven Inventars werden rückgeholt*

Rückholung aller Behälter mit Betonabschirmung aus den benachbarten Kammern 6, 7 und 11. Eine mögliche Strahlenbelastung kann beim Personal bis zu 5 % und bei der Bevölkerung bis zu 11 % des jeweils gesetzlich zulässigen Grenzwertes betragen. Der Zeitbedarf liegt nach Aussage der Gutachter bei ca. 2,8 Jahren.

*Variante 2: 92 % des Inventars werden rückgeholt*

Zusätzlich zu den Maßnahmen der Variante 1 Rückholung anderer Behältertypen aus weiteren benachbarten Kammern. Einzelne Kammern mit geringem Inventar werden nicht bearbeitet. Mögliche Strahlenbelastung: Personal bis 15 % und Bevölkerung bis 27 % des jeweiligen Grenzwertes. Geschätzter Zeitbedarf ca. 4,1 Jahre.

BEURTEILUNGSFELD	BEWERTUNGSKRITERIUM
Sicherheit in der Betriebsphase	Radiologische Auswirkungen des bestimmungsgemäßen Betriebes
	Anfälligkeit für Störfälle
	Anfälligkeit gegenüber Eingriffen von außen
Umweltauswirkungen bei unbeherrschbarem Lösungszutritt	Radiologische Auswirkungen bei unbeherrschbarem Lösungszutritt
	Chemotoxische / chemische Auswirkungen bei unbeherrschbarem Lösungszutritt
	Einhaltung bergbaulicher Schutzziele
	Wechselwirkungen mit Notfallmaßnahmen
Vorläufige Langzeitsicherheitseinschätzungen	Radiologische Auswirkungen
	Chemotoxische / chemische Auswirkungen
	Konsequenzen menschlichen Eindringens in das Endlager
	Robustheit der Stilllegungsoption
	Nachweisbarkeit der radiologischen Langzeitsicherheit
Machbarkeit	Einhaltung bergbaulicher Schutzziele
	Technische Umsetzbarkeit
	Rechtliche Umsetzbarkeit
Zeitbedarf	Weitere Umweltauswirkungen
	Im Rahmen einer Gefahrenabwehrmaßnahme
	Bei vorausgehendem Planfeststellungsverfahren

Beurteilungsfelder und Bewertungskriterien für die Stilllegungsoptionen des Endlagers Asse II

*Variante 3: 100 % des Inventars werden rückgeholt*  
 Rückholung aller Gebinde aus allen Kammern. Mögliche Strahlenbelastung: Personal bis 50 % und Bevölkerung bis 27 % des Grenzwertes. Geschätzter Zeitbedarf ca. 7,7 Jahre, Abfallvolumen ca. 61.640 m<sup>3</sup>.

*Variante 4: 100 % des Inventars werden rückgeholt, Kammern werden dekontaminiert*  
 Rückholung aller Gebinde und des gesamten Salzgruses aus allen Kammern und Dekontamination (Entfernung aller radioaktiven Verunreinigungen) mit anschließender Freigabe des Einlagerungsbereiches. Durch den Salzgrus ergibt sich eine Verdoppelung des Abfallvolumens auf ca. 126.610 m<sup>3</sup>. Mögliche Strahlenbelastung: Personal bis 50 % und Bevölkerung bis 27 % des Grenzwertes. Geschätzter Zeitbedarf ca. 14,6 Jahre. Diese Variante sieht ein mehrjähriges Planfeststellungsverfahren vor, welches den vergleichsweise großen Zeitbedarf begründet.

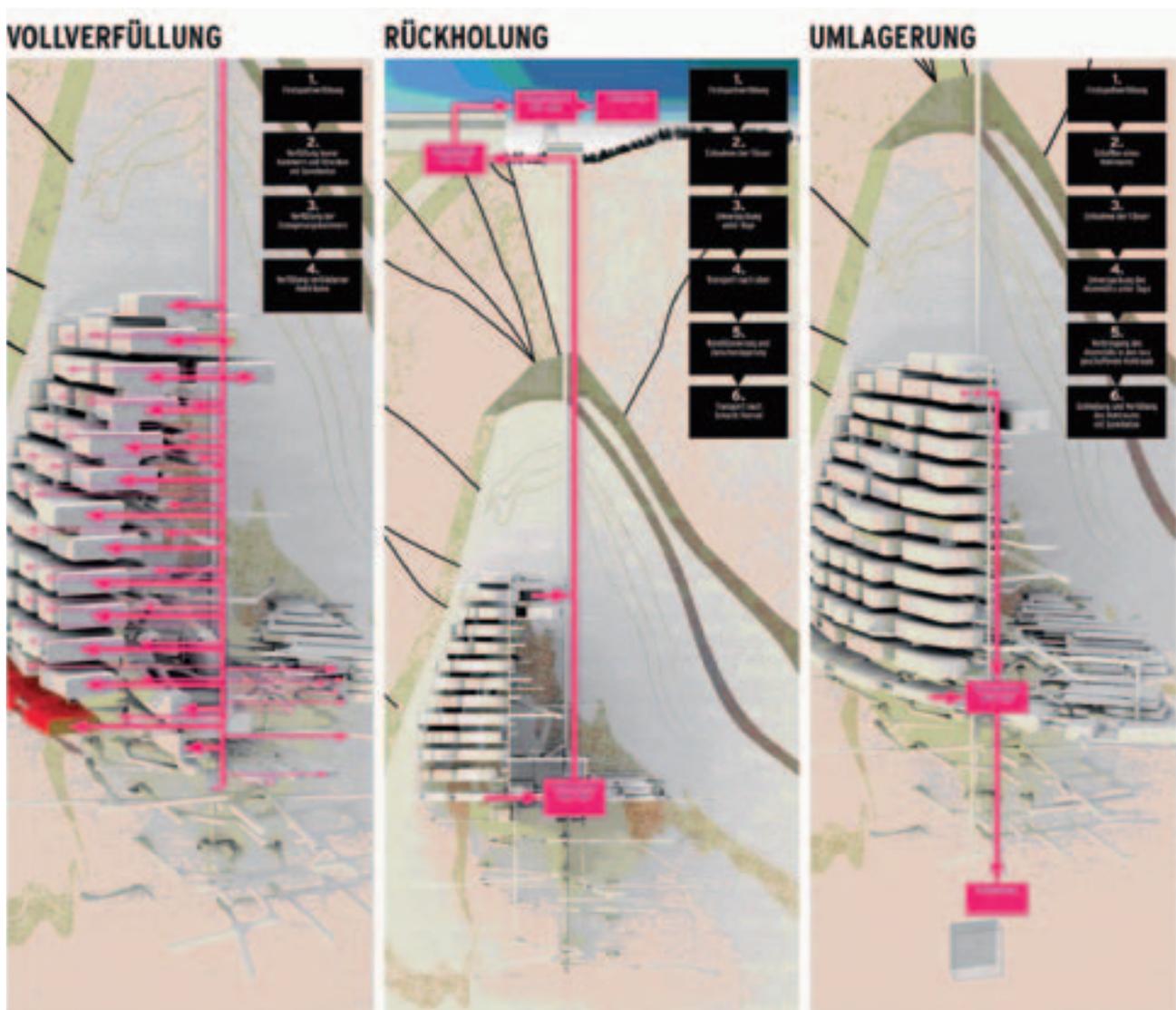
Die Bergung und Hantierung der Abfälle erfolgt weitgehend fernbedient bzw. automatisiert. Eine Tragfähigkeit des Grubengebäudes und somit eine vorübergehende Standsicherheit der Einlagerungskammern ist grundsätz-

lich Voraussetzung für den Einsatz von Menschen und Maschinen im Einlagerungsbereich. Zusätzlich müssen folgende Bedingungen eingehalten werden:

- Ausreichende Erkundung vor Öffnung der Kammern.
- Umfangreiche messtechnische Überwachungen während der Rückholung.
- Beschränkung von neu aufzufahrenden Grubenräumen auf ein Minimum.
- Keine signifikante Erhöhung des Wasserzutritts im unmittelbaren Einlagerungsbereich.
- Strahlenschutzmaßnahmen, die die Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte sicherstellen.

### Option 3: Umlagerung

Bei der Umlagerung der radioaktiven Abfälle müssten diese ganz oder teilweise geborgen und in tiefer gelegene Bereiche des Salzstocks eingelagert werden. In ihrer Machbarkeitsstudie haben die Gutachter die grundsätzliche technische Machbarkeit der Maßnahmen mit herkömmlichen Bergbautechnologien festgestellt. Im Einzelnen kommen sie zu folgenden Ergebnissen:



Ausgangsoptionen für die Stilllegung des Endlagers Asse II

- Ausgehend vom heutigen geologischen Kenntnisstand ist nur eine Umlagerung in tiefere Horizonte (etwa bei 1.200 Metern) möglich.
- Die höher gelegenen Bereiche werden als ungeeignet bewertet.
- Da für den angestrebten Einlagerungsbereich noch keine Daten vorliegen, müsste hierfür zunächst eine geologische Erkundung vorgenommen werden.

Voraussetzung für eine langzeitsichere Einlagerung ist, dass das Steinsalz homogen, d. h. frei von störenden Schichten ist und dass ein Wasserzutritt ausgeschlossen werden kann. Auch bei der Option der Umlagerung gibt es – vergleichbar mit der Rückholung – verschiedene Varianten, die sich durch die umzulagernde Abfallmenge und den benötigten Umsetzungszeitraum unterscheiden. Das umgelagerte Aktivitätsinventar der gesamten radioaktiven Abfälle liegt je nach Variante bei 82 %, 95 % oder 100 %, der Zeitbedarf zwischen 15 und 18 Jahren. Die gesetzlichen Grenzwerte für eine mögliche Strahlenbelastung des Personals und der Bevölkerung in der Betriebsphase werden bei allen Varianten unterschritten. Grundsätzliche sicherheitstechnische Voraussetzungen, wie sie bereits bei der Rückholung erläutert wurden, gelten auch für die Umlagerungsmaßnahmen.

Alle drei Optionen wurden von Oktober 2009 bis Dezember 2010 vom BfS anhand der vorab festgelegten 18 Kriterien geprüft und miteinander verglichen. Die von der Begleitgruppe erbetenen Ergänzungen des Katalogs, insbesondere die Prüfaspekte „Revidierbarkeit“ und „Überwachbarkeit“ flossen in die Bewertung ein.

Der Optionenvergleich erfolgte nach dem Verfahren der *verbal-argumentativen* Bewertung, da dieses die Anforderungen an Nachvollziehbarkeit, Transparenz und Plausibilität am besten erfüllt. Beim verbal-argumentativen Verfahren werden die einzelnen Kriterien zunächst einzeln für die verschiedenen Optionen geprüft und verbal-argumentativ in einem Paarvergleich gegeneinander abgewogen. Durch den Paarvergleich wird dargestellt, warum eine Option besser oder schlechter als die Vergleichsoption ist.

Das BfS entsprach dem Wunsch unter anderem der Asse-II-Begleitgruppe, weitere Anregungen und Hinweise zu prüfen und sich darüber zu verständigen. Eine ausführliche Darstellung, nach welchen Kriterien eine Stilllegungsoption ausgewählt werden sollte, ist in Asse-Einblicke 06/2009 oder im Internet unter [http://www.endlager-asse.de/cae/servlet/contentblob/765122/publicationFile/43557/asse\\_einblicke\\_09-06.pdf](http://www.endlager-asse.de/cae/servlet/contentblob/765122/publicationFile/43557/asse_einblicke_09-06.pdf) zu finden.

#### Das Ergebnis des Optionenvergleichs

Nach Abschluss des Bewertungsverfahrens stellte das BfS Mitte Januar 2010 folgendes Ergebnis der Öffentlichkeit vor:

Die **Rückholung** der Abfälle aus dem Endlager Asse II ist die beste Variante beim weiteren Umgang mit den dort eingelagerten Abfällen.

Für die **Rückholung** und anschließende Lagerung in einem genehmigten Endlager kann nach vorhandener Kenntnis ein Langzeitsicherheitsnachweis, d. h. der rechtlich notwendige Nachweis des Abschlusses der Abfälle von der Biosphäre erbracht und damit die Sicherheit für spätere Generationen gewährleistet werden. Für die Option Rückholung der radioaktiven Abfälle wie auch für die Umlagerung gilt, dass bei Bergung und Umverpackung eine zusätzliche Strahlenbelastung der Beschäftigten auftreten wird. Bei der Rückholung kommt hinzu, dass durch die Zwischenlagerung über Tage mit weiteren Belastungen für Personal, Umgebung und Bevölkerung in der Betriebsphase zu rechnen ist, auch wenn die entsprechenden gesetzlichen Grenzwerte eingehalten würden.

Die Option **Vollverfüllung** ist die am schnellsten und technisch am einfachsten zu realisierende Maßnahme. Dadurch ergibt sich eine höhere Sicherheit gegenüber einem unbeherrschbaren Wasserzutritt. In einem solchen Notfall würden Verfüllmaßnahmen durchgeführt – sofern die Zeit dafür ausreicht. Da die Abfälle am jetzigen Ort verblieben und der Umgang mit den radioaktiven Materialien entfiel, käme es nicht zu einer zusätzlichen Strahlenbelastung in der Betriebsphase. Diesen Vorteilen steht jedoch die Tatsache gegenüber, dass für diese Schließungsoption ein Langzeitsicherheitsnachweis zur Sicherheit zukünftiger Generationen derzeit nicht zuverlässig prognostiziert werden kann.

Die **Umlagerung** der radioaktiven Abfälle in tiefere Bereiche des Bergwerks würde zunächst eine zeitlich aufwändige Erkundung des Salzstocks in 1.200 m Tiefe erfordern. Die Ergebnisse dieser Erkundung sind offen. Die Kenntnisse über den Zustand des Salzsattels in 1.200 m Tiefe reichen derzeit nicht aus, um die Langzeitsicherheit einzuschätzen. Weiterhin wären aufwändige technische Maßnahmen notwendig, die in der Umsetzung mehr Zeit als bei den anderen Optionen erfordern würden. Während der vergleichsweise langen Umsetzungsphase bestünde die Gefahr eines unbeherrschbaren Wasserzutritts wie auch anderer radiologisch relevanter Störfälle. Auch die Machbarkeit könnte an Unsicherheiten bei der rechtlichen Umsetzbarkeit scheitern, weil die Umlagerung die Errichtung eines neuen Endlagers bedeuten würde. Aus diesen Gründen scheidet die Umlagerung als Schließungsoption aus.

Das BfS kommt daher zum Ergebnis, die Rückholung der Abfälle als beste und derzeit einzig mögliche Option zu verfolgen. Allerdings ist diese Option mit Unsicherheiten behaftet, die ihre Umsetzung kritisch beeinflussen. So könnte der Zugang zu den Fässern mit den radioaktiven Abfällen aufwändiger sein als angenommen. Durch den Gebirgsdruck sind Fässer und Salzversatz stärker als angenommen zusammengedrückt. Die Fässer müssten dann zunächst freigelegt werden. Die Fässer selbst könnten stark beschädigt oder so zerstört sein, dass sich die darin enthaltenen Abfälle mit dem Salzgrus zu einer kompakten Masse verbunden haben. Die ursprüngliche Handhabbarkeit der Behälter wäre



**Am 18.01.2010 wurden in der Lindenhalle in Wolfenbüttel die Ergebnisse des Optionenvergleichs vorgestellt**

nicht mehr gewährleistet. In einigen Kammern ist außerdem davon auszugehen, dass die Abfälle im Kontakt mit Lösung stehen. Dies würde auch eine höhere Direktstrahlung in den Kammern zur Folge haben. Hinzu kommt die Unsicherheit über die tatsächlich in den Abfallfässern vorhandenen radioaktiven oder giftigen Stoffe. Wenn die eingelagerten Abfälle in einem deutlich schlechteren Zustand als erwartet sind, könnte die Dauer der Bergung und die damit verbundene Strahlenbelastung der Beschäftigten unverträglich hoch werden. Benötigt die Stilllegung einen längeren Zeitraum, so erhöht sich auch die Gefahr eines unbeherrschbaren Wasserzutritts und einer weiteren Destabilisierung des Grubengebäudes während des Stilllegungsbetriebs. Die bestehenden Unsicherheiten führten zu folgendem mit dem BMU abgestimmten Handlungsplan:

1. Die Planungen zur Rückholung sind bis zur Ausführungsreife zu vollenden.
2. Durch Faktenerhebung aus den Einlagerungskammern sind umfassende Möglichkeiten zur systematischen Evaluierung der oben aufgeführten kritischen Unsicherheiten zu schaffen.
3. Parallel hierzu sind alle technisch möglichen Maßnahmen zur Stabilisierung des Grubengebäudes fortzuführen.
4. Gleichzeitig sind die Notfallmaßnahmen zu einer Begrenzung der Auswirkungen eines unbeherrschbaren Lösungszutritts zu treffen. Dies sollte eine Ermittlung ihrer Konsequenzen für die Langzeitsicherheit einschließen.

## **RADIOLOGISCHE SICHERHEITSÜBERPRÜFUNG DES ENDLAGERS ASSE II**

Radiological Safety Assessment of the Asse II Repository

Ansprechpartnerin:

Christiane Wittwer (030 18333-1936)

*The safety assessment showed that during normal operation the protection of the public, the employees and the environment is ensured. However, the safety assessment of the accident precautions demonstrated that an uncontrollable intrusion of salt solution into the Asse mine, which cannot be excluded, may result in a distinct failure to comply with the safety objectives of the German radiation protection ordinance.*

Bis zur Stilllegung des Endlagers Asse II und dem Wirksamwerden des am 11. Februar 2009 beantragten Planfeststellungsbeschlusses nach § 9 b Atomgesetz (AtG) wird das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) den Umgang mit radioaktiven Stoffen während des erforderlichen Weiterbetriebs zur Offenhaltung des Endlagers Asse II durch eine Genehmigung nach § 7 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) absichern. Vom BfS wurde ein entsprechender Antrag bei der zuständigen Genehmigungsbehörde, dem Niedersächsischen Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (NMU), gestellt. Ein wesentlicher Bestandteil der Genehmigungsunterlagen ist die radiologische Sicherheitsüberprüfung des Endlagers. Im Rahmen der bisher durchgeführten Überprüfungen wurden die vorhandenen Maßnahmen hinsichtlich der Einhaltung der Strahlenschutzziele untersucht und bewertet. Die Sicherheitsüberprüfung zeigte, dass für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Schutz der Bevölkerung, der Beschäftigten und der Umwelt gewährleistet ist. Die Sicherheitsüberprüfung der Störfallvorsorge ergab allerdings, dass es im Falle eines nicht auszuschließenden unbeherrschbaren Lösungszutritts in das Grubengebäude zu einer deutlichen Verletzung der Schutzziele der StrlSchV kommen kann.

Die radiologische Sicherheitsüberprüfung der Schachanlage Asse II basiert auf der vom BfS beauftragten radiologischen Charakterisierung. Sie dient dem Nachweis, dass die Schutzziele, die im AtG und der StrlSchV festgeschrieben sind, beim Betrieb der Anlage sowie bei potenziellen Störfällen eingehalten werden.

### **Radiologische Charakterisierung des Endlagers Asse II**

Die Kammern mit den radioaktiven Abfällen in der Schachanlage Asse II sind zum größten Teil verfüllt und verschlossen. Mit den eingelagerten Abfällen wird somit nicht mehr umgegangen. Bei der Einlagerung schwachradioaktiver Stoffe (auf der 750-m-Sohle) wurden jedoch die Fahrbahndecken der Einlagerungsstrecken auch außerhalb der Einlagerungskammern stellenweise durch Flüssigkeitsaustritte aus den Abfallgebänden kontaminiert. Dies geschah z. B. durch einen Fassunfall am 18.12.1973. Die kontaminierte Fahrbahndecke wurde entfernt und anschließend erneuert. Tiefer eingedrungen

gene Stoffe verblieben und wurden mit einem neuen Fahrbahnbelag überdeckt.

### Lösungsmanagement

Der überwiegende Teil der aus dem Deckgebirge zutretenden Salzlösungen wird so aufgefangen und gehandhabt, dass ein Kontakt mit den kontaminierten Bereichen ausgeschlossen ist. Diese Lösungen können nach beweissichernden Messungen und einem Freigabeverfahren aus der Anlage abgegeben werden. Für einen kleinen Teil der aus dem Deckgebirge zutretenden kontaminationsfreien Wässer kann der Kontakt mit den Kontaminationen unterhalb der Fahrbahnoberfläche bzw. den eingelagerten radioaktiven Abfällen nicht ausgeschlossen werden. Diese Lösungen werden daher in Behältern und so genannten Laugensümpfen aufgefangen. Mit diesen Lösungen in Kontakt gekommene Feststoffe wie z. B. Haufwerk, Beton, Mauerwerk, Arbeitsmittel und Dekontaminationsmaterial werden, wie die Lösungen auch, separat behandelt. Der Umgang mit diesen Stoffen ist dabei auf notwendige Umlagerungen innerhalb speziell überwachter und kategorisierter Bereiche (Strahlenschutzbereiche) sowie eine regelmäßige Beprobung und Analyse beschränkt.

### Radiologische Überwachung

Die radiologische Überwachung unter Tage erfolgt im Rahmen des betrieblichen Strahlenschutzes und konzentriert sich auf Maßnahmen, die zur Überwachung der Anlage und des Personals sowie zur Einhaltung der einschlägigen Schutzvorschriften erforderlich sind. Dazu zählen die kontinuierliche Messung der Ortsdosis sowie der Personendosis und die Überwachung der Grubenluft auf Radon, luftstaubgetragene Aktivität (Aerosole) und Tritium.

Die Abluft der Schachtanlage wird kontinuierlich überwacht. Die Überwachung erfolgt dabei in Anlehnung an die „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen“ (REI). Dabei werden im wesentlichen Radon und dessen Folgeprodukte, Aerosole sowie Tritium und Kohlenstoff-14 untersucht. Im Zuge der Immissionsüberwachung werden in regelmäßigen Abständen die Grund- und Oberflächenwässer sowie Trinkwässer der Umgebung auf natürliche und künstliche Radionuklide hin untersucht. Weiterhin werden Gras- sowie Bodenproben radiometrisch analysiert sowie die Ortsdosisleistung bestimmt.

Die Sicherheitsüberprüfung zeigt, dass für den **bestimmungsgemäßen Betrieb** der Schutz der Bevölkerung, der Beschäftigten und der Umwelt gewährleistet ist. Die Vorschriften zum Strahlenschutz werden inzwischen nach der Übernahme der Betreiberschaft durch das BfS eingehalten. Insbesondere werden die in der Strahlenschutzverordnung genannten Grenzwerte bezüglich der zulässigen Strahlenexposition für das Betriebspersonal

und die Bevölkerung deutlich unterschritten. Durch betriebliche Regelungen wird sichergestellt, dass kontaminierte und potenziell kontaminierte Lösungen und Feststoffe nicht nach über Tage abgeleitet oder freigesetzt werden.

In der Sicherheitsüberprüfung der **Störfallvorsorge** wird geprüft, inwiefern eine ausreichende Vorsorge nach dem Stand von Wissenschaft und Technik gegen Störfälle getroffen ist. Neben anlageninternen Einwirkungen (z. B. durch einen Brand) werden auch naturbedingte und sonstige Einwirkungen von außen berücksichtigt, die zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe am Störfallort und in die Umgebung des Endlagers führen könnten. Die Überprüfung zeigt, dass für Störfälle im Rahmen der Auslegung der Anlage (Auslegungsstörfälle) die geltenden Planungswerte der StrlSchV eingehalten werden. Zur Vermeidung bzw. Minimierung unnötiger Strahlenexpositionen werden Möglichkeiten zur Verbesserung der Vorsorge im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen vorgeschlagen, die zeitnah umgesetzt werden können.

Infolge der gebirgsmechanischen Beanspruchung der Schachtanlage kann der Zutritt von Deckgebirgslösung in Zukunft zunehmen und die Kapazitäten der Auffangvorrichtungen überschreiten. Bei einem solchen nicht auszuschließenden, unbeherrschbaren Lösungszutritt können radioaktive Stoffe in die Umgebung der Anlage freigesetzt werden. Ohne Berücksichtigung von Gegenmaßnahmen hätte dies eine deutliche Verletzung der Schutzziele der StrlSchV zur Folge. Zur Vorbereitung der Schadensbekämpfung und zur Reduzierung der radiologischen Auswirkung in der Umgebung des Endlagers werden für dieses sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignis Notfallmaßnahmen geplant.



Kontaminationsmonitor zur Überprüfung der Personen auf Kontamination

## RADIOLOGISCHE ÜBERWACHUNG DER UMGEBUNG DES ENDLAGERS ASSE II

Radiological Monitoring in the Vicinity of the Asse II Repository

Ansprechpartner/in:

Jürgen Gerler (030 18333-1934)  
Christiane Wittwer (030 18333-1936)

*During the year 2009 no radiological impact on the vicinity was caused by the operation of the Asse Mine. This is the result of the analysis conducted on behalf of the Federal Office for Radiation Protection (BfS) which is responsible for the safe operation of the Asse Mine. Additional investigations of local agricultural products are corroborating these findings. The independent surveillance of the environment in 2009 was carried out by the Lower Saxony Water Management, Coastal Defence and Nature Conservation Agency (NLWKN) which did not detect any immisions of radionuclides in the vicinity, either.*

Vom Endlager Asse II sind im Jahr 2009 keine messbaren radiologischen Belastungen für die Umgebung der Schachtanlage ausgegangen. Dies ist das Ergebnis der Untersuchungen, die das Bundesamt für Strahlenschutz im Umfeld der Schachtanlage hat durchführen lassen. Zusätzliche Untersuchungen an landwirtschaftlichen Produkten aus der Region, die auf Veranlassung der Landwirtschaftskammer Braunschweig und im Auftrag des Betreibers durchgeführt wurden, haben das Ergebnis bestätigt. An der Umgebungsüberwachung war im Jahr 2009 wiederum der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) als unabhängige Messstelle beteiligt. Auch die Ergebnisse des NLWKN belegen, dass von der Schachtanlage Asse II keine messbaren Radionuklideinträge in die Umgebung ausgehen.

Durch den Betreiber des Endlagers werden routinemäßig die Medien Luft, Boden, Bewuchs und Wasser überwacht. Die Überwachung des Mediums Luft beinhaltet die kontinuierliche Messung der Ortsdosis an 10 Punkten am Anlagenzaun sowie an 24 weiteren Punkten in der Umgebung, die monatliche Messung der Ortsdosisleistung und die Beprobung und Analyse von Aerosolen in der jeweils herrschenden Abwindrichtung sowie an weiteren Orten in der Umgebung der Anlage. Zur Überwachung der Medien Boden und Bewuchs werden jeweils im Frühjahr und Herbst an drei Stellen in der Nähe des Anlagenzauns und einer weiter entfernt liegenden Referenzmessstelle Bodenproben und Grasproben entnommen und analysiert. Das Wasser in der Umgebung der Schachtanlage wird vierteljährlich an 26 Messstellen überwacht. Zusätzlich werden die Trinkwasserbrunnen der Gemeinde Kissenbrück halbjährlich auf Cäsium-137, Strontium-90 und Plutonium-239 analysiert. Der Aufwand für die Untersuchung des Wassers in der Umgebung des Endlagers Asse II ist deutlich höher als in der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) gefordert. Dieser Mehraufwand ist nicht



**Messsonde des BfS zur Überwachung der Gamma-Ortsdosisleistung (ODL) in der Gemeinde Kissenbrück**

durch eine konkrete Gefährdungssituation begründet, sondern erfolgt vorsorglich. Bislang haben die Untersuchungen weder beim Wasser noch bei den anderen Umweltmedien Hinweise auf Radionuklideinträge aus dem Bereich des Endlagers Asse II ergeben.

Alle Untersuchungsergebnisse des BfS werden in Quartals- und Jahresberichten dokumentiert, die über den Internetdienst des BfS zum Endlager Asse II ([www.endlager-asse.de](http://www.endlager-asse.de)) abgerufen werden können.

Mit der Durchführung der Aufgaben der unabhängigen Messstelle war im Jahr 2009 der NLWKN beauftragt. Die unabhängige Messstelle überwacht die Gamma-Ortsdosis am Anlagenzaun des Endlagers Asse II mit 10 Dosimetern, den Boden, das Weidegras und pflanzliche Nahrungsmittel aus dem Umfeld der Anlage durch jeweils 2 bis 4 Probenahmen pro Jahr und das Wasser durch jährliche Stichproben an ca. 6 wechselnden Entnahmestellen. Die Ergebnisse der unabhängigen Messstelle werden in Jahresberichten veröffentlicht, die ebenfalls über den Internetdienst des BfS zur Asse heruntergeladen werden können. Sie bestätigen die Ergebnisse des Betreibers, dass vom Endlager Asse II keine messbaren Radionuklideinträge in die Umwelt ausgehen.

Das oben beschriebene amtliche Messprogramm der Umgebungsüberwachung wurde im Jahr 2009 durch zusätzliche Untersuchungen ergänzt. Auf Anregung der Begleitgruppe Asse II wurde im Jahr 2008 eine Arbeitsgruppe Umgebungsüberwachung gebildet, in der der Landkreis Wolfenbüttel, die Samtgemeinde Asse, die Gemeinde Kissenbrück, die Landwirtschaftskammer Braunschweig, der Bauernverband, der Asse-II-Koordinierungskreis, der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), der Niedersächsische Landes-

betrieb für Wasserwirtschaft, Umwelt- und Naturschutz (NLWKN), das Niedersächsische Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES), das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und das BfS vertreten sind. Auf Wunsch der AG Umgebungsüberwachung hat das BfS sein Messnetz für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (IMIS) nach Prüfung der Anforderungen durch eine Messstelle unmittelbar auf dem Betriebsgelände des Endlagers Asse II und eine Messstelle in der Gemeinde Kissenbrück erweitert. Die an diesen Messstellen ermittelten Tagesmittelwerte der Gamma-Ortsdosisleistung (ODL) werden vom BfS laufend ins Internet gestellt (<http://odlinfo.bfs.de>). Die Messdaten waren 2009 unauffällig.

Die Aktivitätskonzentrationen im Trinkwasser der Gemeinde Kissenbrück lagen 2009 unterhalb der Nachweisgrenze von ca. 0,003 Bq/l für Cäsium-137 und ca. 4 Bq/l für Tritium. Die Ergebnisse werden vom BfS monatlich im Internet veröffentlicht ([www.endlager-asse.de](http://www.endlager-asse.de)).

Auf Wunsch der AG Umgebungsüberwachung und insbesondere der Landwirtschaftskammer Braunschweig wurde im Jahr 2009 erstmals ein zusätzliches regionales Messprogramm zur Überwachung von landwirtschaftlichen Produkten und landwirtschaftlich genutzten Böden im Umfeld des Endlagers Asse II initiiert. Die Durchführung dieses speziell auf die landwirtschaftlichen Belange ausgerichteten Untersuchungsprogramms oblag der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Nord-West. Im Umkreis von 1 km, 5 km und 20 km um das Endlager Asse II wurden Proben von landwirtschaftlichen Produkten (Mais, Getreide, Raps, Zuckerrüben, Milch, Gemüse, Obst) sowie von Boden, Wasser, Gras, Laub und Nadeln entnommen und u. a. auf die Nuklide Tritium, Kalium-40, Strontium-90, Cäsium-137 und Radium-226 analysiert. Aus dem ersten Zwischenbericht, den die LUFA Nord-West und die Bezirksstelle Braunschweig der Landwirtschaftskammer Niedersachsen im November 2009 vorgelegt haben, geht hervor, dass im Umkreis des Endlagers Asse II keine erhöhten radioaktiven Belastungen bei pflanzlichen Produkten nachweisbar sind. Die gemessenen spezifischen Aktivitäten entsprechen bei allen Proben normalen Werten und sind gesundheitlich unbedenklich. Der Zwischenbericht kann über den Internetdienst des BfS zur Asse ([www.endlager-asse.de](http://www.endlager-asse.de)) eingesehen werden.

## METHODEN ZUR ÜBERWACHUNG RADIOAKTIVER STOFFE IN GESÄTTIGTEN SALZLÖSUNGEN DER ASSE

Methods for Monitoring Radioactive Compounds in High-saline Solutions of the Asse Mine

Ansprechpartner:

Joachim Döring (030 18333-4260)

Andreas Labahn (030 18333-4310)

Uwe-Karsten Schkade (030 18333-4267)

*Since January 1, 2009 the Federal Office for Radiation Protection (BfS) operates the former potash and rock salt mine Asse II. Over many years, salt-saturated groundwater and/or brine have penetrated parts of the mine. To investigate the activity concentrations of the high-saline water solutions, a new project was initiated by the BfS management dealing with the development of radioanalytical methods. In a first step, defined conditions were worked out for the sampling procedure together with a team of experts from the Asse-GmbH. In a second step, available radiochemical methods were adapted to the condition of the high salinity, or new methods were developed. These methods were tested during the characterisation campaign, in which brine samples from 31 different locations between the 490 and 950 m levels were investigated. They were radiochemically analysed in the BfS laboratory for tritium, radium-226 and radium-228 isotopes yielding activities up to  $3 \cdot 10^6$  Bq/l, 0.29 Bq/l and 0.68 Bq/l, respectively. In addition, the samples were studied using gamma-ray spectrometry. The naturally occurring radionuclide potassium-40 was found in all samples, whereas caesium-137 and lead-210 were identified in some samples only. In one case, the radionuclide cobalt-60 was detected. Based on the current and previous radioanalytical results it is concluded that the radionuclide distribution in the different water samples can be used like a fingerprint to characterise the mine, and observed changes can be related to modifications in the water flow through the mine.*

Mit der Übernahme der Schachanlage Asse II durch das Bundesamt für Strahlenschutz zum 01.01.2009 wurde es notwendig, spezifische Mess- und Analyseverfahren für den qualitätsgesicherten Nachweis einer Vielzahl natürlicher und künstlicher Radionuklide in Zutrittslösungen und kontaminierten Laugen der Schachanlage Asse II unter Einhaltung von definierten Nachweisgrenzen zu entwickeln. Bereits vorhandene Verfahren mussten an die Bedingungen salzhaltiger (hochsalinärer) Lösungen angepasst werden. Die bisherigen Ergebnisse bestätigen die Leistungsfähigkeit der entwickelten Verfahren. Die aus den Messungen abgeleitete Nuklidverteilung in den verschiedenen Grubenwässern kann in Zukunft als wichtiger Indikator für Kontaminationen von Laugen und Veränderungen der Grubenwässer im Endlager Asse II dienen.

Verantwortlich für das Projekt sind die BfS-Laboratorien in Berlin-Karlshorst. Um bereits vorhandene Ressourcen am Standort zu bündeln, wurde die Projekt-

gruppe „Weiterentwicklung und Standardisierung der Radionuklidanalytik in hochsalinaren Lösungen“ gegründet.

Drei Teilprojekte, Probenahme, Gamma-Spektrometrie und Radiochemie, befassen sich mit folgenden Arbeitsschwerpunkten:

- Erfassung und Dokumentation der Probeentnahmestellen im Endlager Asse II und Erstellung eines detaillierten Probenahmehandbuchs.
- Erarbeitung von geeigneten Probeaufbereitungsverfahren und eines gammaspektrometrischen Messverfahrens zur Bestimmung von Gammastrahlern in hochsalinaren Lösungen.
- Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von radiochemischen Methoden zur Bestimmung von alpha- und beta-strahlenden Radionukliden in hochsalinaren Lösungen bei sehr niedrigen Nachweisgrenzen, z. B. für Strontium-90 (Sr-90), Tritium (H-3), Kohlenstoff-14 (C-14), Radium-228 (Ra-228), Radium-226 (Ra-226), Blei-210 (Pb-210), Polonium-210 (Po-210) und Uranisotope (U-238, U-234 und U-235).

Die Schwierigkeit bei der Erarbeitung geeigneter robuster Messverfahren besteht im vorliegenden Fall darin, dass die Grubenwässer der Asse II nahezu gesättigte Salzlösungen mit hoher spezifischer Dichte ( $= 1,3 \text{ g/cm}^3$ ) sind. Je nach Herkunft liegen sie in sehr unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung mit den Hauptbestandteilen Natrium-, Kalium-, Calcium- oder Magnesiumchlorid, -bromid oder -sulfat (ca. 400 g Salz pro Liter) vor.

Im Rahmen des Teilprojektes Probenahme wurde bis Juni 2009 der Entwurf eines Probenahmehandbuchs erstellt und im Oktober 2009 eine überarbeitete Fassung



Salzlösungen unterschiedlicher chemisch-physikalischer Zusammensetzung aus Grubenwässern der Schachanlage Asse II

vorgelegt. In Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Strahlenschutzbeauftragten des Endlagers Asse II sind in diesem Probenahmehandbuch mehr als 70 Probeentnahmestellen detailliert dokumentiert und die Vorgehensweise bei der Probeentnahme an den jeweiligen Probeentnahmestellen beschrieben. Zur Illustration wird in der Abbildung unten rechts die Entnahme einer Wasserprobe an der Stelle MP\_37 (P 750007) gezeigt. Bei der Messstelle P 750007 handelt es sich um einen Laugensumpf im westlichen Zugang der Einlagerungskammer 9 auf der 750-m-Sohle in der zweiten südlichen Richtstrecke nach Westen.

Die Verfahrensentwicklung im Teilprojekt Radiochemie erfolgte zunächst an sehr schwach kontaminierten Zutrittslösungen aus der 658-m-Sohle bzw. dem Speicherbecken auf der 490-m-Sohle der Schachanlage Asse II. Dabei mussten die vorhandenen radiochemischen Verfahren zum Teil komplett umgestellt werden. Neben dem prinzipiell störenden Einfluss des hohen Salzanteils sind auch Störeffekte, z. B. eine Verunreinigung durch Barium- oder Eisenverbindungen oder organische Komplexbildner insbesondere in den an vielen Stellen des Grubengebäudes oder Einlagerungskammern austretenden Salzlaugen, zu berücksichtigen. Radiochemisch sehr anspruchsvoll ist die Bestimmung einzelner Radionuklidkonzentrationen in der Größenordnung von mBq/l in Gegenwart anderer dominierender Radionuklide wie z. B. Caesium-137 (Cs-137) in der Größenordnung einiger 10 kBq/l.

Radiochemische Messmethoden sind für die Bestimmung der Radiumisotope Ra-226 und Ra-228 sowie für H-3 in den Routinebetrieb für Salzlösungen aus der Schachanlage Asse II überführt worden. Für die Durchführung wurde weitgehend auf etablierte Methoden zurückgegriffen. Die Aktivitätsbestimmung von H-3 erfolgt durch Destillation (siehe Abbildung S. 24 links) oder Extraktionschromatographie (ein Verfahren zur Ab-



Entnahme einer Probe an der Messstelle MP\_37 in der Schachanlage Asse II

trennung von Ionen aus Lösungen) der salzhaltigen Lösungen mittels Flüssigkeitsszintillationszählung.

Ra-226 wird durch Messung der Alpha-Strahlung des Tochterprodukts Radon-222 (Rn-222) bestimmt. Das Verfahren für die Ermittlung von Ra-228 läuft in vier Schritten ab. Zunächst werden Radium und Actinium (Ac) durch Zugabe von Bariumsulfat mitgefällt, danach wird Actinium extrahiert und ausgefällt. Anschließend erfolgt die Messung der Beta-Strahlung des kurzlebigen Ac-228. Die Entwicklung einer Messmethode zur Bestimmung von Uranisotopen (alphaspektrometrisch) ist Anfang Dezember 2009 abgeschlossen worden. In den nächsten Monaten sollen Verfahren zur Bestimmung der Radionuklide C-14, Technetium-99 und Polonium-210 entwickelt werden. Voraussichtlich Mitte 2010 werden diese Arbeiten abgeschlossen sein, so dass auch diese Radionuklide zukünftig am Standort Berlin in Salzlösungen bestimmt werden können.

Im Teilprojekt Gamma-Spektrometrie erfolgt die gamma-spektrometrische Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen mit einem Reinstgermanium-Detektor. Der Detektor wird innerhalb einer Bleiburg betrieben. Beide Komponenten der Messanordnung sind in Ultra-Low-Level-Konstruktion ausgeführt. Damit ist ein sehr niedriger Untergrund für die Messung der Gamma-Energielinien gewährleistet. Der verwendete Detektor kann in einem Energiebereich von 10 keV bis 2 MeV eingesetzt werden. Die Salzlösung wird in ihrer Originalzusammensetzung in 1-Liter-Marinellibecker gefüllt und in der in Abbildung unten rechts dargestellten Geometrie gemessen. Um die geforderten Nachweisgrenzen einzelner Radionuklide zu erreichen, beträgt die Messdauer für jede Messprobe mindestens einen Tag. Während jeder Messung werden Zwischenauswertungen an bereits identifizierten Radionukliden vorgenommen, um auf eventuell auftretende Veränderungen der Homogenität der jeweiligen Messprobe im verwendeten Messgefäß reagieren zu können.



Apparatur zur Destillation von Wasserproben für die H-3-Bestimmung

Neben den natürlichen Radionukliden Ra-228, Ra-226 und Pb-210, sowie Kalium-40 (K-40), das in allen Salzlösungen nachgewiesen werden kann, wurden die Salzlösungen bezüglich der langlebigen künstlichen Radionuklide Cobalt-60 (Co-60), Niob-94 (Nb-94), Silber-108m (Ag-108m), Antimon-125 (Sb-125), Iod-129 (I-129), Cäsium-137 (Cs-137), Barium-133 (Ba-133), Europium-152 (Eu-152), Eu-154 und Americium-241 (Am-241) untersucht.

Im Rahmen der Verfahrensentwicklung und insbesondere während der offiziellen Charakterisierungsmessung der Grubenwässer der Asse II im letzten Quartal des Jahres 2009 wurden insgesamt 121 Analysen an Zutrittslösungen und Laugen durchgeführt.

#### Charakterisierung der Grubenwässer im Jahr 2009

*Probeentnahme:* Anfang Oktober wurden insgesamt 31 Proben aus verschiedenen Grubenwässern zwischen der 490- und 950-m-Sohle entnommen. Neben Grubenwässern wurden an drei Probeentnahmestellen auch deren abgelagerte Salze mit beprobt.

Um den Umgebungsbedingungen der Schachtanlage Asse II zu entsprechen, wurden alle Proben im BfS vor deren Messung in Räumen oberhalb einer Raumtemperatur von 30 °C gelagert. Damit sollte eine lagerungsbedingte Veränderung, z. B. ein unkontrolliertes Ausfällen von Salzen innerhalb der Lösung, weitgehend verhindert werden.



Gamma-spektrometrische Messanordnung zur Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden in Salzlösungen der Schachtanlage Asse II

*Radiochemie:* Das BfS untersuchte 21 Proben auf ihren Gehalt an H-3, Ra-226 und Ra-228 sowie sieben als „radioaktiv“ gekennzeichnete Proben aus Kontroll- und Überwachungsbereichen des Endlagers Asse II auf ihren Gehalt an H-3. Für die nicht aus Strahlenschutzbereichen stammenden Proben wurden H-3-Aktivitätskonzentrationen im Bereich von < 7 Bq/l bis 2.000 Bq/l ermittelt, auch die Ra-226- und Ra-228-Aktivitätskonzentrationen dieser Wässer waren mit Werten zwischen 0,005 Bq/l und 0,29

Bq/l (Ra-226) bzw. < 0,08 Bq/l und 0,68 Bq/l (Ra-228) insgesamt niedrig. Höhere H-3-Aktivitätskonzentrationen mit einem Maximalwert von 3 Millionen Bq/l wurden dagegen in den aus Kontroll- und Überwachungsbereichen entnommenen Proben bestimmt.

*Gamma-Spektrometrie:* Im Rahmen der angesprochenen Charakterisierungsmessungen wurden in 11 von 31 Salzlösungen das künstliche Radionuklid Cs-137 und in einer Salzlösung das künstliche Radionuklid Co-60 nachgewiesen. Der höchste Wert der Cs-137-Aktivitätskonzentration lag bei der Probe von der Probeentnahmestelle MP\_21 mit  $28.000 \pm 2.000$  Bq/l vor. An diesem Probeentnahmeort auf der 750-m-Sohle vor der Einlagerungskammer 12 wurde auch der einzige Messwert oberhalb der Nachweisgrenze für Co-60 mit einer Aktivitätskonzentration von  $4,7 \pm 0,7$  Bq/l ermittelt. Die K-40-Aktivitätskonzentrationen in den Salzlösungen lagen bei den Probeentnahmeorten zwischen 23 Bq/l und 920 Bq/l. In 6 der 31 untersuchten Salzlösungen wurde das natürliche Radionuklid Pb-210 gammaspektrometrisch nachgewiesen. Die Aktivitätskonzentrationen für Pb-210 in den genannten Proben lagen zwischen 4,2 Bq/l und 12,3 Bq/l. Von der Probeentnahmestelle MP\_21 (Strahlenschutz-Kontrollbereich) und an den Sohleschlitzten MP\_L3 und MP\_L4 (Strahlenschutz-Überwachungsbereich) wurden deren abgelagerte Salze untersucht.

Bei den Sohleschlitzten MP\_L3 und MP\_L4 handelt es sich um Messstellen auf der 750-m-Sohle vor dem östlichen bzw. westlichen Zugang zur Einlagerungskammer 8.

In den getrockneten Salzen wurden neben hohen spezifischen Cs-137-Aktivitäten auch die natürlichen Radionuklide K-40 und Pb-210 nachgewiesen. Die höchste spezifische Aktivität von Cs-137 wurde mit  $580.000 \pm 30.000$  Bq/kg Trockenmasse (TM) erneut am Probeentnahmeort MP\_21 erhalten. An den beiden anderen Probeentnahmeorten wurden deutlich niedrigere Werte der spezifischen Aktivitäten für Cs-137 von  $15.400 \pm 800$  Bq/kg TM (MP\_L3) und  $9.700 \pm 600$  Bq/kg TM (MP\_L4) ermittelt. Die spezifische K-40-Aktivität lag bei diesen Messorten zwischen 1.300 Bq/kg TM und 2.470 Bq/kg TM, die spezifischen Pb-210-Aktivitäten unterhalb von 45 Bq/kg TM.

#### Bewertung

Die im Rahmen der Charakterisierungsmessung erhaltenen Ergebnisse des BfS und anderer in die Charakterisie-

Probe	Sohle	Beschreibung	Datum	Zeit	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	T [°C]		
MP_36	750 m	Laugesumpf östl. Ka. 9	06.10.09	12:20	1,294	32,1		
Nuklid	Methode	EKG	NWG	< EKG	< NWG	Wert	2· $\sigma$	Labor
H-3	Beta-LSC					1270	40	BfS
K-40	Gamma	4,9	9,8			557	50	BfS
Co-60	Gamma	0,05	0,10	*				BfS
Nb-94	Gamma	0,04	0,08	*				BfS
Ag-108m	Gamma	0,04	0,07	*				BfS
Sb-125	Gamma	0,1	0,19	*				BfS
I-129	Gamma	0,25	0,50	*				BfS
Cs-137	Gamma	0,05	0,09			0,15	0,05	BfS
Ba-133	Gamma	0,04	0,08	*				BfS
Eu-152	Gamma	0,10	0,20	*				BfS
Eu-154	Gamma	0,18	0,35	*				BfS
Pb-210	Gamma	0,9	1,8	*				BfS
Ra-226	Eman.					0,009	0,002	BfS
Ra-228	Beta	0,01	0,01					BfS
Ra-228	Gamma	0,17	0,34	*				BfS
Am-241	Gamma	0,07	0,14	*				BfS

**Ergebnisprotokoll einer Probe aus dem Laugesumpf auf der 750-m-Sohle im östlichen Zugang zur Einlagerungskammer 9 (MP\_36). Die Angabe der Messwerte erfolgt in der Maßeinheit Bq/l. Die Abkürzungen bedeuten: NWG = Nachweisgrenze, EKG = Erkennungsgrenze, 2  $\sigma$  = Messunsicherheit.**

rung von Asse-Proben eingebundener Institutionen wurden in einem Abschlussbericht gegenüber bzw. zusammengestellt. Die Tabelle oben zeigt beispielhaft ein übermitteltes Ergebnisprotokoll für den Messpunkt MP\_36. Bei diesem Messpunkt handelt es sich um einen Laugesumpf auf der 750-m-Sohle im östlichen Zugang zur Einlagerungskammer 9.

Zur Qualitätssicherung wurden an ausgewählten Proben für die radiochemischen Bestimmungsmethoden und an allen Proben für die Gamma-Spektrometrie extreme Vergleichsmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen bezüglich der radiochemisch ermittelten Konzentrationen der Radionuklide H-3, Ra-226, Ra-228 und auch bei den gammaspektrometrischen Analysenwerten eine sehr gute Übereinstimmung zwischen beiden Datensätzen.

Bei der Charakterisierung von Probeentnahmestellen mit geringem Zufluss, insbesondere auf der 725- und 750-m-Sohle, muss zukünftig berücksichtigt werden, dass die gemessene Aktivitätskonzentration gegebenenfalls abhängig ist vom Zeitpunkt des letztmaligen Leerpumpens eines Laugesumpfes oder dem durchgeführten Laugenmanagement. Nach einem Leerpumpen stellen sich an einigen Probenahmeorten Aktivitätskonzentrationen ein, die in ihrem zeitlichen Verlauf der dann folgenden Aktivitätsanreicherung für K-40 und Cs-137 durch eine Logarithmusfunktion annähernd beschrieben werden können. Für alle Probeentnahmestellen, die das entsprechende dynamische Zeitverhalten aufweisen, werden weiterführende Untersuchungen durchgeführt. Die abgeleitete Nuklidverteilung an den repräsentativen Probeentnahmestellen kann zusammen mit künftigen Charakterisierungsmessungen als Indikator für Kontaminationen von Laugen und Veränderungen der Grubenwässer im Endlager Asse II dienen.

## ERSTE ERGEBNISSE DER INKORPORATIONS- ÜBERWACHUNG VON ASSE-BESCHÄFTIGTEN

First Results of the Incorporation Monitoring of Asse  
Mine Employees

Ansprechpartner/in:

Martina Hartmann (030 18333-4546)  
Jörg Brose (030 18333-4531)

*The Coordination Office on Incorporation Monitoring of the BfS has developed a concept of monitoring occupationally radiation exposed workers of the Asse II mine. Incorporation means the uptake of radioactive substances into the human body. The valuation of radioactive substances can be determined either by measurements of body activity (in-vivo) or by measurements of activity concentration of the excretions (in-vitro). The central question was the evaluation of the requirement for regular incorporation monitoring. It had to be verified if workers engaged in the control area are exposed to an incorporation risk by radioactive substances exceeding dose limits of more than one millisievert (mSv) per year. The incorporation risk can be determined according to the guideline for incorporation monitoring by existing room air measurements and by results of incorporation monitoring. Assessment of the incorporation risk showed that regular incorporation monitoring is not mandatory. To confirm that dose limits will not be exceeded in the future, representative random examination will be performed. The requirement of regular incorporation monitoring has to be newly evaluated if there is a basic change of the working conditions of the workers of the Asse.*

Von der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS wurde ein Konzept für die Überwachung der beruflich strahlenexponierten Beschäftigten im Endlager Asse II erstellt. Die zentrale Frage war, ob eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung erforderlich ist. Dabei war zu prüfen, ob die in einem Kontrollbereich beschäftigten Personen einem potenziellen Inkorporationsrisiko durch offene radioaktive Stoffe von mehr als einem Millisievert (mSv) im Kalenderjahr ausgesetzt sind. Das potenzielle Inkorporationsrisiko kann gemäß Richtlinie zur Inkorporationsüberwachung anhand von vorliegenden Raumluftmessungen und aus Ergebnissen der Inkorporationsüberwachung ermittelt werden.

Die Abschätzung des potenziellen Inkorporationsrisikos für die Beschäftigten des Endlagers Asse II stützt sich auf die über das Jahr gemittelten Aktivitätskonzentrationen im Abluftkanal (dem Hauptwetterweg) für die Radionuklide H-3, C-14, Pb-210 und Rn-222. Es wurde dabei auf die Abluftdaten der Schachanlage Asse II für die Jahre 2004 - 2007 sowie auf die Messungen des BfS im Rahmen der Emissions- und Immissionsüberwachung im Jahr 2008 zurückgegriffen. Bei der o. a. Risikoabschätzung wurde konservativ ein Standardwert für die jährliche Aufenthaltsdauer der Beschäftigten von 2.000 Stunden in der Schachanlage Asse II zugrunde gelegt.

Die Werte in der Tabelle oben zeigen, dass der wesentliche Beitrag zur Inhalationsdosis durch das Radionuk-

lid Rn-222 und seine Zerfallsprodukte geliefert wird. Die daraus resultierende effektive Dosis beträgt  $D_{\text{eff}} \leq 0,5$  mSv im Kalenderjahr. Die Dosisbeiträge durch die Radionuklide H-3, C-14 und Pb-210 sind dagegen vernachlässigbar klein.

Eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung ist somit nicht erforderlich.

### In-vitro-Überwachung

Zur Absicherung des Ergebnisses der obigen Einschätzung des potenziellen Inkorporationsrisikos wurden 2009 repräsentative Stichprobenuntersuchungen in der ausscheidungsanalytischen Messstelle des BfS in Berlin anhand einer Kontrollgruppe von ca. 50 Personen, die in der Asse II beschäftigt sind, durchgeführt. Dazu wurden von zwei Personengruppen die Urinproben auf H-3 untersucht und bei der dritten Personengruppe zusätzlich der C-14-Gehalt im Urin bestimmt. In allen untersuchten Urinproben lag der C-14-Gehalt unterhalb der Nachweisgrenze (siehe Tabelle unten).

Die aus den Messwerten berechneten effektiven Dosiswerte sind kleiner als 0,05 mSv und werden gemäß Richtlinie zur Inkorporationsüberwachung zu Null gesetzt. Die bisherigen Ergebnisse der ausscheidungsanalytischen Bestimmung von H-3 und C-14 im Urin bestätigen also die oben beschriebene Einschätzung.

*Ermittlung der effektiven Dosis aus den Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden in der Abluft des Endlagers Asse II*

Radionuklid	Effektive Dosis	Bemerkung
Tritium (H-3) (HTO)	$\leq 3,2 \mu\text{Sv}^1$	Abluftdaten, Kondensat der ausgefrorenen Luftfeuchte, Molekularsiebe
Kohlenstoff-14 (C-14) (Dioxid)	$\leq 0,019 \mu\text{Sv}$	Abluftdaten, Molekularsiebe
Blei-210 (Pb-210)	$\leq 2,1 \mu\text{Sv}$	Abluftdaten
Radon-222 (Rn-222) (Gas)	$\leq 0,5 \text{ mSv}^2$	Abluftdaten

<sup>1</sup> Berücksichtigung einer möglichen Durchdringung der Haut durch Tritium gemäß Richtlinie zur Inkorporationsüberwachung

<sup>2</sup> Abschätzung gemäß Berechnungsgrundlagen - Bergbau: Teil Radon

*Bisherige Ergebnisse der radiochemischen Bestimmung von H-3 und C-14 im Urin der Kontrollgruppe*

Personengruppe	Nuklid	Messwert	Effektive Dosis
I: 16 Personen	H-3	9 : < NWG <sup>1</sup> ) 7 : 21 - 78 Bq/l	- 0,3 - 1,1 $\mu\text{Sv}$
II: 16 Personen	H-3	14 : < NWG <sup>1</sup> ) 2 : 22 - 33 Bq/l	- 0,4 - 0,6 $\mu\text{Sv}$
III: 16 Personen	H-3	14 : < NWG <sup>1</sup> ) 2 : 37 - 41 Bq/l	- 0,6 - 0,7 $\mu\text{Sv}$
	C-14	16 : < NWG <sup>2</sup> )	-

<sup>1</sup> NWG (Nachweisgrenze) des Messverfahrens 20 Bq/l H-3

<sup>2</sup> NWG (Nachweisgrenze) des Messverfahrens 50 Bq/d C-14

## Inkorporation

Unter Inkorporation versteht man die Aufnahme radioaktiver Stoffe in den menschlichen Körper. Diese kann über Inhalation, Ingestion, Resorption durch die Haut oder eine Wunde erfolgen.

### In vivo

Die Bestimmung der radioaktiven Stoffe erfolgt durch direkte Messung der Aktivität entweder des gesamten Körpers oder eines speziellen Organs, z. B. der Schilddrüse.

### In vitro

Die Bestimmung der radioaktiven Stoffe erfolgt durch indirekte Messung der Aktivität in den Ausscheidungen, z. B. in Urin- oder Stuhlproben.

## Potenzielles Inkorporationsrisiko

Personenbezogener Wert des Inkorporationsrisikos pro Kalenderjahr in Einheiten der effektiven Dosis zur Feststellung des Erfordernisses einer Inkorporationsüberwachung.

## Erfordernisschwelle

Die Erfordernisschwelle wird durch das potenzielle Inkorporationsrisiko einer Person definiert. Sie beträgt 1 mSv effektive Dosis im Kalenderjahr. Das Überschreiten der Erfordernisschwelle verlangt eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung.

### In-vivo-Überwachung

Zusätzlich zu den ausscheidungsanalytischen Untersuchungen wurden 2009 Inkorporationsmessungen an einer Kontrollgruppe von ca. 25 Personen in der Ganzkörperzähler-Messstelle des BFS in Berlin vorgenommen. Die Personen der In-vivo-Kontrollgruppe stammen größtenteils aus dem Pool der In-vitro-Kontrollgruppe. Die Ganzkörperzählermessungen werden längerfristig an vier Gruppen zu je sechs Beschäftigten der Kontrollgruppe weitergeführt.

Für innerbetriebliche Schwellenwertmessungen steht die im Endlager Asse II auf der 490-m-Sohle befindliche „Messeinrichtung mit abgeschirmtem NaI-Detektor“ (siehe Abbildung) zur Verfügung. Hier werden Beschäftigte der Asse II sowie Beschäftigte von Fremdfirmen regelmäßigen innerbetrieblichen Schwellenwertmessungen unterzogen. Bei Überschreitung des Schwellenwertes sind zusätzliche Messungen vorgesehen.

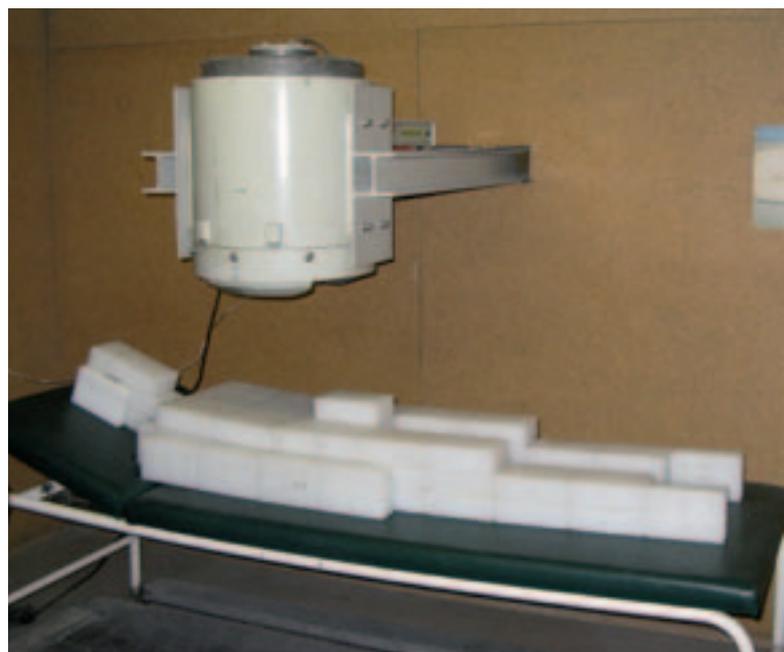
Die Funktionstüchtigkeit der Messeinrichtung in der Schachtanlage Asse II wird einmal im Jahr mit einer Kalibrierungsüberprüfung durch die Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BFS kontrolliert. Die im Jahr 2009 stattgefundenene Kalibrierungsüberprüfung ergab folgendes Ergebnis:

- Die Messeinrichtung ist weiterhin für die innerbetrieblichen Schwellenwertmessungen zur Eigenüberwachung geeignet.
- Mittelfristig wird die Beschaffung eines Schwellenwertmonitors über Tage empfohlen, um bei Bedarf auch nuklidspezifische Messungen für andere Nuklide im niedrigen Aktivitätsbereich durchführen zu können.

Die bisherigen Ganzkörperzählermessungen weisen keine beruflich bedingte Inkorporation von radioaktiven Stoffen auf. Insofern ergibt sich eine Übereinstimmung mit den ausscheidungsanalytischen Ergebnissen. Zur Bestätigung und Sicherstellung, dass die Erfordernisschwelle für eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung auch zukünftig nicht überschritten wird, werden repräsentative In-vivo- und In-vitro-Stichprobenuntersuchungen fortgeführt. Bei einer grundsätzlichen Änderung der Tätigkeiten der beschäftigten Personen ist das Erfordernis für eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung neu zu bewerten.

### Bevölkerungsmonitoring

Unter Vorsorgeaspekten und als vertrauensbildende Maßnahme ist das Projekt „Inkorporationsmonitoring der Bevölkerung in der Umgebung der Schachtanlage Asse II (Bevölkerungsmonitoring)“ geplant. Das Projekt beginnt im Jahr 2010 und hat eine Laufzeit von 5 Jahren. Es hat die Untersuchung einer repräsentativ ausgewählten Bevölkerungsgruppe auf mögliche interne Exposition zum Ziel. Dazu wird eine Stichprobe aus ca. 100 Personen gebildet, die einmal im Jahr im Ganzkörperzähler (in vivo) und durch Ausscheidungsanalytik (in vitro) untersucht werden sollen. Die beteiligten Personen sowie die Bevölkerung werden über die Ergebnisse zeitnah informiert.



In-vivo-Messeinrichtung mit abgeschirmtem NaI-Detektor auf der 490-m-Sohle der Schachtanlage Asse II mit Kalibrierphantom

## DAS GESUNDHEITSMONITORING ASSE

### Asse Health Monitoring Project

Ansprechpartnerin:

Maria Schnelzer (030 18333-2252)

*Subsequent to the occurrence of a few cancer diseases among former employees of the Asse, the BfS decided to initiate the Asse Health Monitoring Project. The aim of the project is to assess the radiation exposure of all persons who have worked in the mine Asse II since 1967, to document and to evaluate the associated health risk. Available measurement data from the Asse radiation protection department and information about the job-specific exposure histories of the employees are used to reconstruct individual radiation exposures. Attention is also paid to incidents and accidents which might have resulted in contaminations. At the end of the Health Monitoring Project by the end of 2010, all former and current employees will obtain upon request information about their radiation exposure and an assessment of their the exposure related health risk. The results of the Asse Health Monitoring Project will be published.*

#### Hintergrund

Mehrere ehemalige Mitarbeiter der Schachanlage Asse II, die an Krebs erkrankt sind, führen ihre Erkrankung auf die Strahlenbelastung zurück, der sie dort mutmaßlich ausgesetzt waren. Aus den Dokumentationen des betrieblichen Strahlenschutzes der Asse ergeben sich zur Zeit keine belastbaren Erkenntnisse, die diese Mutmaßungen stützen. Allerdings gibt es Widersprüche zwischen den dokumentierten Arbeitsabläufen auf der Asse und Berichten einzelner betroffener ehemaliger Mitarbeiter. Als neuer Betreiber des Endlagers Asse trägt das BfS den Befürchtungen dieser und anderer Mitarbeiter/ -innen der Asse Rechnung und ist bemüht, bestehende Widersprüche und Unsicherheiten zu Strahlenbelastungen der Beschäftigten aufzuarbeiten. Dazu hat es mit dem „Gesundheitsmonitoring Asse“ ein Projekt gestartet, in dem die individuelle Strahlenbelastung der Asse-Beschäftigten ermittelt, dokumentiert und bewertet wird.

#### Ziel

Ziel des Gesundheitsmonitoring ist es, das Ausmaß der Strahlenbelastung, der die Beschäftigten bei ihrer Arbeit auf der Schachanlage Asse II ausgesetzt waren, rückwirkend zu erfassen und hinsichtlich des damit verbundenen Gesundheitsrisikos zu bewerten. Eine Erfassung von Erkrankungen bei den Beschäftigten ist im Rahmen des Gesundheitsmonitorings nicht geplant, da wegen der relativ geringen Anzahl der Beschäftigten aus methodischen Gründen eine wissenschaftliche Untersuchung des Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs zwischen Strahlenbelastung und Erkrankungswahrscheinlichkeit nicht möglich ist. Kennt man jedoch das Ausmaß der Strahlenbelastung eines Beschäftigten, kann auf der Basis vorhandener wissenschaftlicher Erkenntnisse das individuelle Erkrankungsrisiko abgeschätzt werden. Alle Beschäftig-

ten des Endlagers können nach Abschluss des Gesundheitsmonitoring ihre persönlichen Daten zur Strahlenbelastung und Risikobewertung auf Anfrage vom BfS erhalten. Die gewonnenen Erkenntnisse können zudem in berufsgenossenschaftlichen Verfahren zur Anerkennung von Berufskrankheiten und gegebenenfalls in staatsanwaltschaftlichen Ermittlungsverfahren verwendet werden.

#### Konzept

In das Gesundheitsmonitoring Asse sollen alle Personen aufgenommen werden, die jemals (1967 bis heute) unter Tage bei der Schachanlage Asse II bzw. beim Endlager Asse beschäftigt waren oder dort noch beschäftigt sind. Einbezogen werden auch, soweit recherchierbar, Beschäftigte von Fremdfirmen und wissenschaftlichen Institutionen, die für die Durchführung von Tätigkeiten einschließlich wissenschaftlicher Untersuchungen in der Schachanlage Asse II tätig waren sowie Personen, die während der Einlagerungszeit über Tage mit radioaktiven Abfällen umgegangen sind.

Grundlage für die Ermittlung der Strahlenbelastung sind vorhandene Messdaten der amtlichen und betrieblichen Überwachung sowie Informationen über die konkreten Tätigkeiten der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Besonderes Augenmerk wird dabei auf Betriebsstörungen und Unfälle gelegt, die möglicherweise zu Kontaminationen geführt haben könnten. Fehlende Daten müssen gegebenenfalls rekonstruiert werden.

#### Vorgehen

Eine wichtige Voraussetzung für das Zusammenstellen der für das Gesundheitsmonitoring benötigten Daten ist die Klärung datenschutzrechtlicher Fragen. Daher wurde zunächst ein Datenschutzkonzept erarbeitet, dem der Bundesbeauftragte für den Datenschutz und Informationsfreiheit zugestimmt hat. Auch der Betriebsrat der Asse-GmbH hat seine Zustimmung zu dem Gesundheitsmonitoring gegeben und ist in die Durchführung einbezogen.

Der erste Schritt für die Ermittlung der Strahlenbelastung ist das Sichten vorhandener Messdaten aus der betrieblichen Überwachung, und deren Bewertung hinsichtlich Qualität und Vollständigkeit. Dies umfasst zum einen Daten der amtlichen Personendosimetrie, die am Strahlenschutzregister des BfS vorliegen und zum anderen Daten aus der betrieblichen Strahlenschutzüberwachung. In beiden Fällen handelt es sich um individuelle Messwerte zur äußeren Strahlenbelastung, die über Personendosimeter erfasst wurde. In der Betriebsphase von 1967 bis 1978, in der radioaktive Abfälle eingelagert worden sind, war das Tragen dieser Dosimeter Pflicht. Später war das Tragen von Dosimetern nur noch bei Tätigkeiten in speziell ausgewiesenen Bereichen Pflicht, bei denen Strahlenbelastungen oberhalb des für die Allgemeinbevölkerung geltenden Grenzwerts nicht ausgeschlossen werden konnten. Zusätzlich liegen bei der Asse-GmbH individuelle Messdaten aus der Inkorporati-

onsüberwachung vor. Seit den 70er Jahren wurden bei Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Inkorporationsmessungen durchgeführt, mit denen festgestellt werden sollte, ob und in welchem Ausmaß radioaktive Stoffe in den Körper aufgenommen worden sind.

Neben diesen auf die einzelnen Beschäftigten bezogenen Daten gibt es Messdaten zur Grubenluft und zu radioaktiv kontaminierten Salzlösungen, die sich in verschiedenen Bereichen des Grubengebäudes befanden. Daraus lassen sich Rückschlüsse ziehen auf die Strahlenbelastung, die zum Beispiel aus dem Einatmen radioaktiver Stoffe (z. B. von Radon und dessen Folgeprodukten oder Tritium) resultierte. Um hier die individuelle Strahlenbelastung abzuschätzen, muss die Tätigkeitshistorie der Beschäftigten möglichst genau rekonstruiert werden. Dazu sind aufwändige Recherchen in den vorhandenen Personalunterlagen notwendig. Durch stichprobenartige Befragungen von Beschäftigten werden diese Daten überprüft und ergänzt. Die Befragungen haben auch zum Ziel zu überprüfen, ob die in den Dokumenten festgehaltenen Strahlenschutz-relevanten Arbeitsabläufe mit denen übereinstimmen, wie sie von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus der Erinnerung berichtet werden. Ein Kontaminationskataster, das vom BfS erstellt worden ist und in dem die im Lauf der Zeit aufgetretenen Verunreinigungen durch radioaktive Substanzen verzeichnet sind, wird dazu verwendet werden, Kontaminationen, z. B. durch Stör- und Unfälle, in die Ermittlung der Strahlenbelastung einzu-beziehen.

Aus diesen komplexen Expositionsdaten wird für jede Mitarbeiterin und jeden Mitarbeiter eine individuelle



**Film dosimeter zur Messung von externer Strahlung bei strahlen-schutzüberwachten Beschäftigten der Asse**

Strahlendosis abgeleitet. Dafür ist ein Berechnungsverfahren nötig, das speziell für diese Situation entwickelt werden muss. Auf der Basis dieser Strahlendosis kann das individuelle Risiko, an Krebs zu erkranken, abgeschätzt werden.

#### **Zeitplan**

Das Gesundheitsmonitoring Asse, das im Frühsommer 2009 begonnen worden ist, wird Ende 2010 abgeschlossen sein. Die Ergebnisse wird das BfS in einem Abschlussbericht veröffentlichen. Ehemals und derzeit Beschäftigte können Informationen zu ihrer Strahlenbelastung und zu ihrem Erkrankungsrisiko erhalten.

# WEITERE ARBEITSSCHWERPUNKTE DES BfS

Further Topical Working Areas of BfS

## STRAHLENSCHUTZ ZUM WOHLER DES VERBRAUCHERS

Radiation Protection for the Benefit of Consumer Protection

Ansprechpartner:

Wolfgang Weiss (030 18333-2100)  
Gerald Kirchner (030 18333-4100)

*Radiation is an integral factor of human life. Its benefit is not always obvious; one example for a net benefit is the application of radiation e. g. in medical diagnostic. Due to the health risks associated with the use of radiation the limitation as well as the optimisation of any exposures are the cornerstones of the radiation protection system. Public perception of radiation risk in many cases is not in agreement with the available scientific evidence. Therefore, specific approaches of risk communication are required in different areas to put the available health risks into perspective. The system of radiological protection is based on international consensus. This is the reason why BfS is engaged in an intensive co-operation with key international scientific bodies like WHO, UNSCEAR, and ICRP.*

Strahlung ist integraler Bestandteil des menschlichen Lebens. Sie wird wie im Beispiel der Sonnenstrahlung nur in Einzelfällen als risikobehaftet wahrgenommen. Auf der anderen Seite erschließt sich ihr Nutzen aber auch nur in Einzelfällen, z. B. in der medizinischen Diagnostik. Tatsache ist: Ionisierende und nichtionisierende Strahlung ist stets mit gesundheitlichen Risiken verbunden. Deshalb ist es eine der wichtigsten Aufgaben des Strahlenschutzes, durch Begrenzung der Strahlenbelastung diese Risiken so niedrig wie vernünftigerweise möglich zu halten. In einigen Fällen, wie z. B. beim Radon in Häusern oder beim Umgang mit solarem UV, geht es dabei zunächst darum, die Wahrnehmung der gesundheitlichen Risiken in der Bevölkerung zu erhöhen und dadurch zu einem vernünftigen Umgang mit diesen Risiken zu gelangen. In anderen Fällen, wie z. B. bei den 2009 eingeführten Energiesparlampen, entspricht die öffentliche Wahrnehmung der damit verbundenen gesundheitlichen Risiken keineswegs den Tatsachen. Es ist Aufgabe des Bundesamtes für Strahlenschutz, zur Versachlichung der Diskussion beizutragen. Die Standardsetzung im Strahlenschutz ist eine Aufgabe, die auf internationaler Ebene erfolgt. Deshalb engagiert sich das BfS seit langem in den einschlägigen internationalen Organisationen wie der Weltgesundheitsbehörde (WHO), dem wissenschaftlichen Komitee der Vereinten Nationen (UNSCEAR) und der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP). Über dieses Engagement sowie über einzelne Schwerpunkte des Strahlenschutzes im Interesse des Verbrauchers wird im Folgenden berichtet.

## DAS BfS ALS WHO-KOOPERATIONSZENTRUM FÜR IONISIERENDE UND NICHTIONISIERENDE STRAHLUNG UND GESUNDHEIT

BfS as WHO Collaborating Centre for Ionizing and Non-ionizing Radiation and Health

Ansprechpartnerin:

Michaela Kreuzer (030 18333-2250)

*In 2006, the Federal Office for Radiation Protection was accredited by the World Health Organization (WHO) as WHO Collaborating Center for Ionizing and Non-ionizing Radiation and Health. The major focus of the work of BfS and WHO is the protection of the population and of workers at their workplace against the natural radioactive gas radon, electromagnetic fields and ultraviolet radiation. The work of BfS is contributing to three international WHO projects: the WHO International Radon project, the WHO EMF project and the WHO INTERSUN project.*

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) wurde 2006 als WHO-Kooperationszentrum für ionisierende und nichtionisierende Strahlung und Gesundheit akkreditiert (s. Jahresbericht 2006). Ziel der Zusammenarbeit ist insbesondere die Zusammenstellung der neuesten Daten und Forschungsergebnisse sowie eine gemeinsame Bewertung der gesundheitlichen Risiken im Bereich ionisierender und nichtionisierender Strahlung. Von der Risikobewertung ausgehend werden Handlungsmöglichkeiten erarbeitet, die Regierungen, Fachbehörden, Arbeitgebern und der Bevölkerung Wege aufzeigen, wie mit den genannten Risiken bestmöglich umgegangen werden kann.

Die Schwerpunkte der bisherigen Zusammenarbeit betreffen den Schutz der Bevölkerung und den der Beschäftigten am Arbeitsplatz vor den Risiken des radioaktiven Edelgases Radon, von elektromagnetischen Feldern und von ultraviolettem (UV) Licht. Die zugehörigen internationalen WHO-Projekte (WHO-IRP, WHO-EMF, WHO-INTERSUN), an denen das BfS maßgeblich beteiligt ist, werden kurz vorgestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Aufgaben des BfS als WHO-Kooperationszentrum wurde 2009 im Handbuch für Umweltmedizin veröffentlicht.

Die bestehende Akkreditierung des BfS als WHO-Kooperationszentrum mit den oben beschriebenen Themen der Zusammenarbeit wurde zu Beginn des Jahres 2010 erneuert. Die bisherige Zusammenarbeit wurde erweitert auf die Gebiete des Strahlenschutzes in der Medizin und der Unterstützung bei radiologischen und nuklearen Notlagen.

### **WHO-IRP - Das internationale Radon-Projekt**

Weltweit werden durch Radon in Wohnungen pro Jahr Zehntausende von Lungenkrebstodesfällen verursacht. Um diese Zahl zu reduzieren, hat die WHO 2005 ihr Internationales Radonprojekt initiiert. Partnerinstitutionen aus mehr als 40 Mitgliedstaaten der WHO, darunter das BfS, sind an diesem Projekt beteiligt. Hintergrund dieser Initiative waren die Anfang 2005 veröffentlichten Ergebnisse einer weltweiten epidemiologischen Studie zum Lungenkrebsrisiko durch Radon in Wohnungen, die einen kausalen Zusammenhang zwischen Radon in Wohnungen und Lungenkrebs belegt und internationalen Handlungsbedarf im Hinblick auf die Reduktion von Radon in Wohnungen aufzeigt hatten.

Hauptziele des WHO International Radon Projects sind:

- Die Vergrößerung der öffentlichen und politischen Aufmerksamkeit für das Problem Radon in Wohnungen.
- Die Abschätzung der weltweiten Gesundheitsauswirkungen durch Radon und Erstellung einer weltweiten Radondatenbank.
- Die Erarbeitung von Empfehlungen zur Radonmessung, Radonprävention und -sanierung von Wohnräumen.
- Die Erarbeitung von Empfehlungen für politische Handlungsstrategien.
- Die Entwicklung von Vorgehensweisen in der Risikokommunikation.

Es wurden vom BfS mehrere internationale WHO-IRP-Treffen organisiert sowie in den letzten Jahren eine Reihe von Untersuchungsvorhaben zum Thema Radon vergeben. Des Weiteren war das BfS an einschlägigen wissenschaftlichen Teilprojekten zur Thematik beteiligt. Dazu zählen zwei große epidemiologische Studien zum Lungenkrebsrisiko durch Radon in Wohnungen in Deutschland, die gemeinsame Auswertung der europäischen Radonstudien und die Abschätzung der regionalen Verteilung der Radonkonzentration in der Bodenluft bzw. in Wohnungen in Deutschland. Einen wichtigen Beitrag zur Abschätzung der Gesundheitsrisiken durch Radon liefert die vom BfS durchgeführte Uranbergarbeiter-Kohortenstudie.

Informationsbroschüren zu Radon in Wohnungen sind im Internet einzusehen ([http://www.bfs.de/de/bfs/druck/strahlenthemen/STTH\\_Radon.html](http://www.bfs.de/de/bfs/druck/strahlenthemen/STTH_Radon.html) und [www.who.int/ionizing\\_radiation/env/radon/en](http://www.who.int/ionizing_radiation/env/radon/en)). Eine umfassende Bewertung des Gesundheitsrisikos, Empfehlungen zu Radonmessung, -prävention und -sanierung, zur Risikokommunikation und zur Implementierung von nationalen Radonprogrammen liefert das Radonhandbuch der WHO, das vom WHO-IRP erarbeitet und im September 2009 publiziert wurde.

### **WHO-EMF - Das Projekt zu elektromagnetischen Feldern**

In Übereinstimmung mit ihrer Satzung, die den Schutz der öffentlichen Gesundheit zum Ziel hat, und auch als Antwort auf die zunehmende öffentliche Sorge um Gesundheitsschäden durch elektromagnetische Felder startete die WHO im Jahr 1996 das internationale EMF-Projekt. Ziel ist die wissenschaftliche Bewertung des gesundheitlichen Risikos elektromagnetischer Felder im Frequenzbereich von 0 bis 300 GHz (Gigahertz) einschließlich der Identifizierung von Kenntnislücken, die für eine verbesserte Risikobewertung geschlossen werden müssen.

Im Bereich elektromagnetischer Felder (EMF) lag der Schwerpunkt der Zusammenarbeit von BfS und WHO auf der Bewertung des Gesundheitsrisikos durch Mobilfunk. Anlass hierfür waren die rasante Entwicklung dieser neuen Technologie in den letzten Jahren, die vermehrte Besorgnis in Teilen der Bevölkerung über mögliche gesundheitsschädliche Effekte sowie Hinweise aus wissenschaftlichen Einzelstudien auf mögliche biologische Effekte bei Feldstärken unterhalb der Grenzwerte. In enger Abstimmung mit dem WHO-EMF-Projekt führte das BfS deshalb in den Jahren 2002 bis 2008 das Deutsche Mobilfunkforschungsprogramm (DMF) durch (siehe BfS Jahresbericht 2008). Die Ergebnisse des DMF sowie der Abschlussbericht wurden auf einem vom BfS organisierten gemeinsamen Workshop des BfS und der WHO im Oktober 2008 in Berlin vorgestellt ([www.emf-forschungsprogramm.de](http://www.emf-forschungsprogramm.de)).

Neben Mobilfunk war ein weiterer Schwerpunkt der gemeinsamen Arbeit von BfS und WHO die Abklärung möglicher Ursachen für eine Leukämieerkrankung im Kindesalter. Niederfrequente magnetische Felder wurden im Jahr 2002 von der International Agency for Research on Cancer (IARC) der WHO in Lyon als „possibly carcinogenic to humans (Group 2B)“ eingestuft. Im Jahr 2007 hat eine Arbeitsgruppe der WHO die Daten zur Einstufung von niederfrequenten Magnetfeldern als „mögliches Karzinogen“ erneut überprüft und die Einstufung bestätigt. Das BfS hat im Mai 2008 gemeinsam mit der WHO einen internationalen Workshop zu möglichen Risikofaktoren kindlicher Leukämie durchgeführt.

### **WHO-INTERSUN - Das Projekt zur UV-Strahlung**

Auf der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED) im Jahre 1992 wurde in der Agenda 21 festgehalten, sich mit den Auswirkungen der ultravioletten (UV-) Strahlung der Sonne auseinanderzusetzen. Vor diesem Hintergrund wurde 1992 das WHO-INTERSUN-Projekt initiiert, mit dem Hauptziel, Informationen über UV-Risiken zur Verfügung zu stellen, praktische Ratschläge zu erarbeiten und wissenschaftlich fundierte Prognosen über die Auswirkungen der UV-Exposition auf Gesundheit und Umwelt zu erstellen.

Weitere Informationen zu diesem Thema sind dem Beitrag „Solares UV und Solarien“ zu entnehmen.

## RADONSCHUTZKONZEPTE: WHO BESTÄTIGT EMPFEHLUNGEN DES BfS

Radon Protection Concepts: WHO Confirms Recommendations of BfS

Ansprechpartner/in:

Michaela Kreuzer (030 18333-2250)  
Dieter Schlesinger (030 18333-2264)

*In September 2009 the World Health Organization (WHO) published the WHO Handbook on Indoor Radon, which was the result of the WHO International Radon Project. More than 40 WHO member states including BfS participated in this project. The Handbook provides information on several topics like health effects, prevention and mitigation strategies and others. A reference level of 100 Bq/m<sup>3</sup> to minimize the health hazards due to indoor radon exposure is recommended by the WHO. This value has been confirmed from previous recommendations of BfS.*

*A major field for the future is to develop risk communication strategies. The basis are environmental and health economic concepts which focus on the steering of the behaviour. In addition a new marketing concept is developed which is fully in line with the specific tasks of a governmental agency.*

Mit Veröffentlichung des WHO-Radonhandbuchs im Jahr 2009 empfiehlt die WHO einen nationalen Referenzwert von 100 Bq/m<sup>3</sup> für Radon in Wohnungen, um die Gesundheitsrisiken durch Radon in Wohnungen zu minimieren. Die WHO bestätigt damit die bisherigen Empfehlungen des BfS.

Radon ist ein radioaktives Gas, das aus Gestein und Böden freigesetzt wird und sich in geschlossenen Räumen wie unter Tage im Bergbau oder Häusern ansammeln kann. Als bedeutendste Quelle von Radon in Wohnhäusern gilt das Eindringen von Gas aus dem Untergrund. Radon trägt wesentlich zur Belastung der Bevölkerung durch ionisierende Strahlung natürlichen Ursprungs bei.

Obwohl die gesundheitlichen Risiken erhöhter Radonkonzentrationen in Wohnungen eindeutig belegt sind, eine Prävention relativ einfach möglich wäre und es weltweit pro Jahr zu Zehntausenden von Lungenerkrankungsfällen durch Radon in Wohnungen kommt, wird Radon in Wohnungen in vielen Ländern nach wie vor kaum als Problem wahrgenommen. Aus diesem Grunde hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) 2005 ein internationales Radonprojekt initiiert. Partnerinstitutionen aus mehr als 40 Mitgliedstaaten der WHO, darunter das BfS, waren an diesem Netzwerk beteiligt. Das BfS ist bzgl. der Thematik Radon Kooperationszentrum der WHO. Das WHO-Radonprojekt wurde im Jahr 2008 abgeschlossen. Die zugehörigen Ergebnisse wurden in einem Handbuch für Innenraum-Radon von der WHO im September 2009 veröffentlicht und zeitgleich in Deutschland in einer Pressemitteilung durch das BfS und BMU der Öffentlichkeit vorgestellt. Die ICRP (International Commission on Radiological Protection) hat in einer Stellungnahme vom November 2009 die wesentlichen

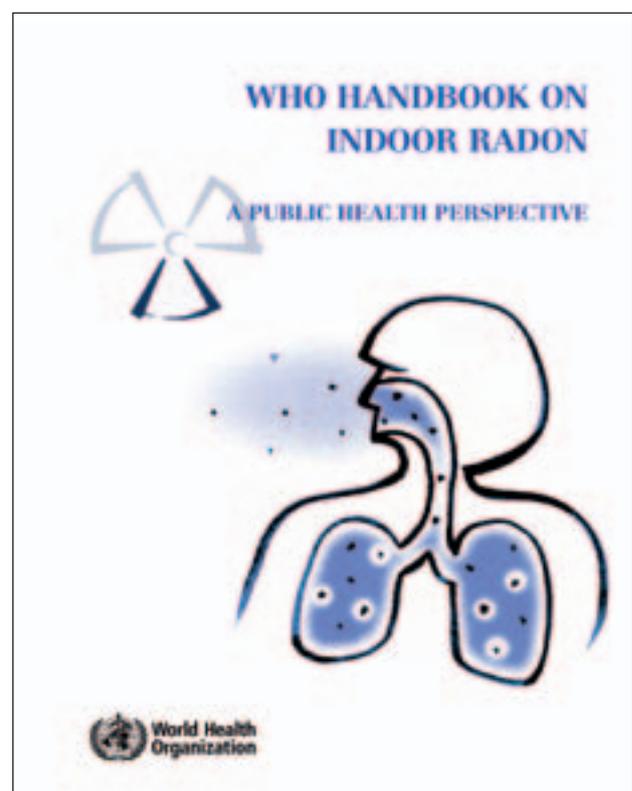
Ergebnisse des WHO-Handbuchs in Form einer Empfehlung zum praktischen Strahlenschutz bestätigt.

### Das Radon-Handbuch der WHO

Das Radon-Handbuch der WHO, das auf nachfolgender Internetseite heruntergeladen werden kann (<http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547673>), gliedert sich in sechs Kapitel, die im Folgenden vorgestellt werden sollen.

#### Gesundheitliche Effekte durch Radon

Epidemiologische Studien zeigen übereinstimmend, dass Radon in Wohnungen das Risiko für Lungenkrebs in der Allgemeinbevölkerung erhöht. Weltweit liegt der Anteil der durch Radon in Wohnungen verursachten Lungenerkrankungsfälle bei etwa 3 bis 14 %, je nach durchschnittlicher Radonkonzentration im Land. In Deutschland wird der Anteil auf etwa 5 % geschätzt, wobei die durchschnittliche Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen 49 Bq/m<sup>3</sup> beträgt. Radon ist in vielen Ländern nach dem Rauchen die zweitwichtigste Ursache für Lungenkrebs. Die Wahrscheinlichkeit, dass Radon Lungenkrebs verursacht, ist bei derzeitigen und ehemaligen Rauchern höher als bei lebenslangen Nichtraucherern. Jedoch ist Radon die Hauptursache für Lungenkrebs bei lebenslangen Nichtraucherern. Es gibt keinen Schwellenwert der Radonkonzentration, unterhalb dessen keine Gesundheitsgefährdung auftritt. Die Mehrheit der durch Radon verursachten Lungenerkrankungsfälle treten bei geringen oder mittleren Radonkonzentrationen und nicht bei sehr hohen Konzentrationen auf, da deutlich mehr Personen niedrigen und mittleren Radonkonzentrationen ausgesetzt sind als hohen.



Das WHO-Radonhandbuch

### Radonmessung

Bezüglich einer Radonmessung in Aufenthaltsräumen empfiehlt die WHO nach einem standardisierten Protokoll vorzugehen, um genaue und konsistente Messungen zu erreichen. Um die durchschnittliche jährliche Radonkonzentration eines Hauses oder Wohnung zu ermitteln, sind Langzeit-Radonmessungen gegenüber Kurzzeitmessungen zu bevorzugen. Kurzzeitmessungen führen aufgrund der starken zeitlichen Schwankungen der Radonkonzentration häufig zu unzuverlässigen Angaben. Die WHO empfiehlt zudem dringend Qualitäts-sicherungs- und Kontrollmaßnahmen zur Absicherung der Zuverlässigkeit der Radonmessungen.

### Radonprävention und -sanierung

Um eine allgemeine Risikoreduktion zu erreichen, sind sowohl bei Neubauten („Radonprävention“) als auch bestehenden Gebäuden („Sanierung“) Radonkontrollmaßnahmen zu treffen, wobei Radonquelle, -konzentration und -transportmechanismus die Wahl der Präventions- und Sanierungsstrategie beeinflussen. Zu diesen Strategien gehören das Versiegeln der Eintrittswege des Radons als auch die Umkehr der Luftdruckverhältnisse zwischen bewohntem Innenraum und dem Boden außerhalb durch unterschiedliche Techniken. In den meisten Fällen kann dies durch einfache und kostengünstige Maßnahmen erzielt werden.

### Kosteneffizienz

Auch wenn die Kosten der Radonprävention oder -sanierung für den Einzelnen relativ gering sind, können die gesamtwirtschaftlichen Kosten beachtliche Ausmaße einnehmen. Neben erheblichen Kosten für die Identifizierung betroffener Immobilien hängt die Effizienz u. a. von der Bauweise der Häuser, der Radonkonzentration in einem Gebiet, den Kosten für Baumaßnahmen oder den ärztlichen Behandlungskosten ab. Im Rahmen der Effizienzanalyse können bestehende Verfahren bewertet und neue Wege gefunden werden, das Radonrisiko zu reduzieren.

### Risikokommunikation

Im Rahmen der Risikokommunikation sind das relativ unbekannt und in der Öffentlichkeit kaum wahrgenommen Radonrisiko sowie Präventionsbotschaften zu vermitteln. Eine effektive Risikokommunikation erfordert daher eine klare Zielgruppenorientierung, die Vermittlung von Kernbotschaften, die Kooperation zwischen Organisationen sowie das Hinzuziehen von Multiplikatoren mit hoher gesellschaftlicher Glaubwürdigkeit. Ein guter Ansatzpunkt ist, dass Radon von der IARC (International Agency for Research on Cancer) als nachgewiesenes Karzinogen klassifiziert wurde, ähnlich wie Tabakrauch, Asbest oder Benzol.

### Nationale Radonprogramme

Zur Verringerung des Bevölkerungsrisikos sollen nationale Radonprogramme die Reduktion der Radonkonzentration in hoch belasteten Häusern sowie das Absenken der durchschnittlichen Radonkonzentration des jeweiligen Landes gewährleisten. Um das individu-

elle Risiko zu senken, empfiehlt die WHO, einen nationalen Referenzwert von  $100 \text{ Bq/m}^3$  und bestätigt damit die bisherigen Empfehlungen des BfS. Ein Referenzwert stellt dabei keine eindeutige Grenze zwischen Sicherheit und Gefahr dar, sondern definiert die Höhe des Risikos bezogen auf Radon in Wohnungen, das ein Land als zu hoch erachtet, um weiterhin unverändert zu bleiben.

### Risikokommunikation zum Thema Radon

Da eine Verbesserung des Schutzes der Bevölkerung nur durch das individuelle Verhalten zu erzielen ist, sind zunächst Aktionen zu realisieren, die die Wahrnehmung des Risikos in der Bevölkerung verbessern und über die dann eine Verhaltensänderung angestoßen werden kann. Das umweltpolitische Instrumentarium bietet verschiedene Wege an:

- Regulierende Maßnahmen, d. h. nichtfiskalische Maßnahmen (Ge- und Verbote, Normen, Auflagen Anordnungen und Genehmigungen).
- Öffentliche Ausgaben (Subventionen oder staatlicher Umweltschutz).
- Öffentliche Einnahmen (Steuern, Abgaben und Marktösungen).
- Parastaatliche Instrumente (Informations- und Überzeugungsprogramme).

Die Möglichkeit einer Verhaltenssteuerung über Richtlinien, Verordnungen oder Gesetze (z. B. Bauvorschriften) wird derzeit vom Bundesumweltministerium (BMU) nach Vorlage des WHO-Handbuchs geprüft. Die Subvention von Radonsanierungen ist bei knappen öffentlichen Kassen, wenn überhaupt, nur in eng begrenztem Umfang leistbar, d. h. es muss hauptsächlich auf parastaatliche Instrumente zur Verhaltenssteuerung zurückgegriffen werden. Dies erfolgt im Rahmen des „Aktionsplans Radon“ sowie der Risikokommunikation, wie z. B. durch die Bereitstellung von Broschüren (siehe auch [http://www.bfs.de/de/bfs/druck/strahlenthemen/STTH\\_Radon.html](http://www.bfs.de/de/bfs/druck/strahlenthemen/STTH_Radon.html)).



Durch einfache Maßnahmen ist es möglich, Gebäude gegen eindringendes Radon abzudichten

Da es sich allerdings bei Radon um ein in der Öffentlichkeit kaum wahrgenommenes Risiko handelt, ist der Erfolg solcher Maßnahmen als eher gering einzustufen. Vor diesem Hintergrund wurde 2008 im BfS eine Arbeitsgruppe eingerichtet, die zum Ziel hat, eine methodische Basis sowie eine Reihe von Instrumenten zu entwickeln, die

- Verbraucherschutz durch eine strategisch ausgerichtete Verhaltenssteuerung ermöglichen,
- den Akteur ins Zentrum der Betrachtung rücken,
- konzeptionell auf umwelt- und gesundheitsökonomischen Überlegungen sowie Marketingaspekten basieren und
- sich an den Bedürfnissen von Behörden orientieren.

Die Berücksichtigung ökonomischer Konzepte in der Risikokommunikation erfolgt u. a. wegen eines Wandels gesellschaftspolitischer Rahmenbedingungen. Es handelt sich hierbei v. a. um externe Veränderungen, ausgelöst durch Budgetkürzungen, Klagen oder Petitionen. Dieser Wandel führt zu einem steigenden Effizienz-, Effektivitäts- sowie Legitimationsdruck bezüglich der Angebote und Leistungen von Behörden. Zudem ist in einigen Fällen die Möglichkeit von Behörden reduziert, das Verhalten der Bürger zu steuern und zu sanktionieren. Auf Radon bezogen zeigt sich dies darin, dass es in Deutschland bisher keinen Richtwert für eine max. Radonkonzentration in Häusern gibt. Im Sinne des Verbraucherschutzes soll nun versucht werden, mit ökonomischen bzw. marktlichen Konzepten (soziales Marketing) steuernd einzugreifen und eine freiwillige Verhaltensänderung zu erreichen. Hierfür sind zunächst die folgenden „Stellschrauben“ zu beachten und justieren:

- Das **Wissen** über Radon und seine Risiken ist die zentrale Voraussetzung für Verhaltensänderung. Dies allein reicht aber nicht aus, um solche Veränderungen auszulösen, da sich aus dem Wissen erst



8P-Marketing-Mix für Behörden

eine Einstellung zum Thema entwickeln muss. Zur Wissensvermittlung müssen die Informationen klar und verständlich formuliert und auf einzelne Zielgruppen zugeschnitten sein (**Risikokommunikation**). Es ist sowohl Hintergrundwissen (z. B. Radon erhöht das Lungenkrebsrisiko) als auch praktisches Wissen (z. B. Bezug von Radon-Messgeräten) nötig. Basierend auf diesem Wissen kann es zu einer **Einstellungsveränderung** kommen. Eigene Erfahrungen (z. B. hohe Radonkonzentration in der Nachbarschaft) sowie Ansichten anderer Personen haben ebenfalls einen Einfluss auf die persönliche Einstellung.

- Die nächste Stellschraube ist die Schaffung von adäquaten und zielgruppenspezifischen **Verhaltensangeboten**. So müssen z. B. Radon-Messgeräte einfach zu beziehen und qualitätsgesicherte Fachfirmen, die eine Radonsanierung durchführen können, in der Wohnumgebung zu finden sein.
- Den **Handlungsanreizen** kommt eine zentrale Bedeutung zu. Möglich sind (monetäre) Bestrafungen (z. B. Mietminderung bei hoher Radonkonzentration in einer Immobilie), aber auch positive Verstärker (z. B. Gesundheitsschutz der Familie).

## Maßnahmen zum Schutz vor erhöhten Radonkonzentrationen in Gebäuden

Da Radon ein Gas ist, das sich im Erdboden bildet, sind potenzielle Eintrittsstellen in Hausbereichen zu suchen, die Bodenkontakt haben (v. a. Keller). Über Risse, Fugen oder Rohrdurchführungen findet das Gas seinen Weg ins Gebäudeinnere. Folgende Schritte sind daher bei bestehenden Gebäuden (**Radonsanierung**) durchzuführen:

- Messung des Jahresmittelwerts der Radonkonzentration in häufig genutzten Räumen (z. B. Wohnzimmer oder Schlafzimmer).
- Bei einer Radonkonzentration über 100 Bq/m<sup>3</sup> sind Sanierungsmaßnahmen sinnvoll. Oft reichen schon einfache Maßnahmen, wie z. B. häufiges intensives **Lüften** oder **Abdichten** von Rissen und Rohrdurchführungen. Ggf. kann auch die Raumnutzung verändert werden.
- Sanierungsarbeiten (**dringend** empfohlen bei einer Radonkonzentration über 1.000 Bq/m<sup>3</sup> Raumluft) sind durch einen Fachmann durchzuführen. Basierend auf den Ursachen für die erhöhten Werte sowie der baulichen Situation sind geeignete Maßnahmen, wie z. B. Versiegeln der Eintrittswege oder Umkehr der Luftdruckverhältnisse zwischen Innenraum und dem Boden außerhalb, durchzuführen.
- Nach Abschluss der Sanierung ist der **Erfolg der Maßnahmen** zu messen.

Neu zu errichtende Gebäude sollten so geplant werden, dass in den Aufenthaltsräumen Radonkonzentrationen von mehr als 100 Bq/m<sup>3</sup> im Jahresmittel vermieden werden (**Radonprävention**). Im Wesentlichen bedeutet dies die Isolierung von Boden berührenden Wänden und des Fundaments gegenüber der Bodenfeuchtigkeit.

Weiter Informationen unter: <http://www.bfs.de/de/ion/radon>.

Insgesamt muss die Verhaltensänderung dem Einzelnen mehr Vorteile als Nachteile bringen.

- Schließlich hat eine Rückmeldung über die **Konsequenzen** des Verhaltens zu erfolgen, die wiederum auf die Einstellungsbildung einwirkt. Ziel ist es hier, die Effekte des „neuen“ Verhaltens auch sichtbar zu machen, z. B. ob sich durch eine Sanierungsmaßnahme auch die Radonkonzentration im Haus verringert hat.

Werden anschließend die Ansatzpunkte zur Veränderung des Verhaltens auf ein auf die Bedürfnisse und den Charakter von Behörden zugeschnittenes Managementkonzept übertragen, ergeben sich – neben strategischen Überlegungen – die in der Abbildung auf Seite 34 unten dargestellten konkreten Gestaltungsmöglichkeiten (operative Maßnahmen).

Anhand des **8P-Marketing-Mix für Behörden** ist z. B. festzulegen, welcher Preis für ein Radon-Messgerät verlangt werden soll. Dies ist bedeutsam, denn wenn der Preis zu hoch ist, werden Verbraucher das Gerät nicht erwerben können oder wollen. Ist der Preis hingegen zu niedrig, kann es passieren, dass die Qualität als mangelhaft empfunden und es nicht gekauft wird. Hier gilt es also, den optimalen Preis zu identifizieren, um möglichst viele Verbraucher anzusprechen. Auch für die weiteren Bereiche sind vielfältigen Entscheidungen zu treffen, die in Kombination miteinander zu einer erfolgreichen Radon-Kampagne beitragen können.

Basierend auf den bisherigen theoretischen Überlegungen werden anhand einer Befragung Strategien zum Schutz vor Radon entwickelt.

## WIE RADIOAKTIV SIND BAUSTOFFE?

To Which Extent are Building Materials Radioactive?

Ansprechpartner:

Bernd Hoffmann (030 18333-4210)

*Natural radioactivity exists in all mineral building materials with Radon, a radioactive noble gas, emanating from it. This causes an external exposure due to gamma radiation and an internal exposure due to radon inhalation. Especially for the bulk wall materials the question of relevance for the health of the inhabitants and as a criterion for approval of building materials is of general interest. Results of representative measurements of the BfS confirm the mostly minor contribution of building materials to the radiation exposure in German houses.*

Aufgrund ihrer geologischen Entstehung enthalten alle zur Herstellung von Baumaterialien verwendeten mineralischen Rohstoffe einen bestimmten Anteil an natürlicher Radioaktivität, insbesondere an Kalium-40 und den Radionukliden der Uran-238- und der Thorium-232-Zerfallsreihe. Dies führt sowohl zu einer äußeren Exposition der in den Häusern lebenden Menschen

durch Gammastrahlung als auch durch die Abgabe (Exhalation) von Radon zu einer inneren Exposition durch das Einatmen (Inhalation) der Radonzerfallsprodukte. Repräsentative Untersuchungen des BfS bestätigen, dass die Baumaterialien in Deutschland meist nur zu einem kleinen Teil zur Strahlenbelastung der Bevölkerung in Häusern beitragen.

Im Jahr 1989 wurde die europäischen „Bauproduktenrichtlinie“ verabschiedet und 1992 mit dem „Bauproduktengesetz“ in deutsches Recht umgesetzt. Darin ist unter anderem die Forderung enthalten, dass ein Gebäude keine Gesundheitsgefährdung für die Nutzer darstellen soll. Konkrete Maßstäbe zum Strahlenschutz fehlen allerdings bisher. Daher wurde im Jahre 2005 ein Auftrag an das Europäische Komitee für Normung (CEN) zur Erarbeitung einer europäischen einheitlichen Norm für die zulässige Abgabe von gesundheitsgefährdenden Stoffen aus Baumaterialien erteilt. Eine Expertengruppe mit fünf Arbeits- und dazu gehörenden Beratungsgruppen zu einzelnen Themen wurde zur Umsetzung dieses Auftrages gebildet, in denen das BfS zu Fragen der Radioaktivität vertreten ist,

*Spannbreite der jährlichen durch Gammastrahlen verursachten Dosisbeiträge verschiedener Baumaterialien in Millisievert pro Jahr (mSv/a) (Stand: 1.10.2009)*

Baumaterial	Jährliche Dosis (mSv/a)
Gips	< 0,30
Kalksandstein	< 0,30
Porenbeton	< 0,30
Estriche	< 0,30
Zement	< 0,30
Ziegel	0,30 - 0,90
Leichtbeton	0,30 - 1,00
Beton	0,30 - 1,00

*Beitrag des aus ausgewählten Baustoffen austretenden Radons an der Innenraumkonzentration eines Modellraumes (Spannbreite, Stand 1.10.2009)*

Baumaterial	Beitrag zur Radonkonzentration (Bq/m³)
Kalksandstein	< 2
Gips	< 2
Porenbeton	< 2
Zement	< 2
Estrich	1 - 2
Ziegel	1 - 12
Zementmörtel	1 - 18
Leichtbeton	1 - 18
Beton	1 - 18

Im Jahre 1999 publizierte die Europäischen Kommission eine Empfehlung für Baumaterialien hinsichtlich des Strahlenschutzes, die zwar nicht rechtsverbindlich ist, aber allgemein akzeptiert wird. In einigen europäischen Ländern, wie z. B. Polen, Österreich, Finnland und den Niederlanden, existieren mittlerweile darauf aufbauende Normen und Regelungen, die eine Begrenzung der Radionuklidkonzentration und teilweise der Radonexhalation als Zulassungsgrundlage für Baumaterialien beinhalten oder eine Messmethode zur Ermittlung der Radonexhalation vorschreiben.

In Deutschland fehlen bisher verbindliche Regeln zur Bewertung der von Baumaterialien ausgehenden Strahlenexposition und zu Messverfahren zur Ermittlung der Radonexhalation. Diese sind jedoch für die vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) zu erteilenden bauaufsichtlichen Zulassungen notwendig, sobald der Strahlenschutz als Zulassungskriterium aufgenommen werden soll. Eine Expertengruppe beim DIBt, an der sich auch das BfS beteiligt, befasst sich derzeit mit dieser Frage.

Als Grundlage dafür erfolgte eine systematische Erhebung von in Deutschland aktuell eingesetzten mineralischen Baumaterialien.

In Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V. (bbs) wurden in den letzten drei Jahren durch das BfS ca. 120 für den deutschen Markt typische Baumaterialproben, die der Bundesverband durch seine Mitgliedsverbände zur Verfügung stellte, untersucht. Das Ziel bestand darin, eine repräsentative Bestimmung der Konzentration natürlicher Radionuklide und der Radonexhalationsraten sowie eine Abschätzung der dadurch zu erwartenden Belastung der Bevölkerung durchzuführen.

Da die Dosis, die ein Bewohner durch Gammastrahlung aus den verwendeten Baumaterialien erhält, von vielen Parametern abhängt, wird zur Berechnung der Dosis aus den gemessenen Radionuklidkonzentrationen in der europäischen Empfehlung ein einheitlicher Modellraum herangezogen. Dabei wird zum Beispiel angenommen, dass alle Wände, sowie Fußboden und Decke dieses Modellraums aus dem zu betrachtenden Material bestehen und es keine Fenster und Türen gibt, wodurch in den meisten Fällen die Dosis deutlich überschätzt wird. Die Spannweite der einzelnen auf dieser Basis abgeschätzten Dosisbeiträge ausgewählter Baumaterialien sind in der Tabelle auf Seite 35 oben aufgelistet. Alle Produkte liefern Werte, die mit den Vorgaben der europäischen Empfehlung übereinstimmen.

Die Dosis, die durch das Radon verursacht wird, hängt letztlich von der Innenraumluftkonzentration (gemessen in Becquerel pro Kubikmeter, Bq/m<sup>3</sup>) ab, die wiederum sehr stark mit den baulichen Gegebenheiten und dem Verhalten der Bewohner variiert. Daher wird auch hier die Bewertung üblicherweise für den Modellraum vorgenommen. Die so ermittelten Radonbei-

träge an industriellen Baustoffen liegen ausnahmslos unterhalb von 20 Bq/m<sup>3</sup> und damit – verglichen mit dem durchschnittlichen Beitrag des Radons in Häusern, das aus dem Boden eindringt – auf einem niedrigen Niveau. (Tabelle auf S. 35 unten).

Als Grundlage für eine Einschätzung der Baustoffe hat das BfS zwei Kriterien vorgeschlagen: Einerseits sollte für die Bewohner der Beitrag der von den Baumaterialien abgegebenen Gammastrahlung nicht mehr als 1 mSv pro Jahr ergeben, andererseits sollte das Baumaterial auch nicht so viel Radon abgeben, dass der baumaterialbedingte Anteil am gesamten Radon in einem Haus 20 Bq/m<sup>3</sup> überschreitet.

Die Messungen des BfS haben gezeigt, dass der Anteil der Baumaterialien an der Strahlenexposition und insbesondere an der Radoninnenraumkonzentration gering ist. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass in speziellen Einzelfällen die Empfehlungen der EU auch deutlich überschritten werden. Ziel künftiger Regelungen ist es, diese Fälle im Rahmen des Zulassungsverfahrens zwischen Hersteller und Behörde zu erkennen und den Einsatz dieser Materialien im Hausbau zum Schutz der Bewohner zu regeln.

## IST DIE STRALUNG VON ENERGIESPARLAMPEN GESUNDHEITSGEFÄHRDEND?

*Is Radiation from Energy Saving Bulbs Hazardous to Health?*

Ansprechpartner:

Dirk Geschwentner (030 18333-2148)

*The European regulation No 244/2009 with regard to eco-design requirements for non-directional household lamps results in an increasing use of compact fluorescent lamps in homes and offices. Concerns have been raised whether radiated electromagnetic fields or UV radiation from compact fluorescent lamps are related to health risk for humans. The Federal Office for Radiation Protection (BfS) assessed the radiation from 37 different lamps taken from the German market with respect to recommended limits for human health protection. While even at close distances of 20 to 30 cm all inspected lamps met the limits for the different types of radiation being investigated, it was found that some of them approached the limits to a high degree. From the view of radiation protection it would be desirable for all producers of compact fluorescent lamps taking measures to reduce electromagnetic radiation outside the visible spectrum, as some of them already do.*

Im September 2009 ist im Rahmen der europäischen Richtlinie für energiebetriebene Produkte (EuP-Richtlinie) die erste Stufe einer Verordnung zur Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltslampen in Kraft getreten. Zentraler Bestandteil der Verordnung sind Mindestanforderungen an den Lampenwirkungsgrad, der ein Maß für den von



**Kompaktleuchtstofflampen in unterschiedlichen Bauformen**

einer Lampe ausgesendeten Lichtstrom im Verhältnis zur aufgenommenen elektrischen Leistung darstellt. Je höher der Lampenwirkungsgrad ist desto weniger Energie verbraucht eine Lampe bei einem vorgegebenen Lichtstrom. Standardglühlampen erfüllen die neuen Mindestanforderungen nicht und müssen zugunsten energieeffizienterer Lampen schrittweise vom Markt genommen werden. Neben anderen energieeffizienten Lampentechnologien wird die Verwendung von Kompaktleuchtstofflampen – vereinfachend häufig auch „Energiesparlampen“ genannt – daher weiter zunehmen. Die Frage, ob von den von diesem Lampentyp emittierten elektrischen und magnetischen Feldern im Frequenzbereich von einigen zehn Kilohertz ein gesundheitliches Risiko ausgeht, wurde wiederholt öffentlich diskutiert. Sie stellt sich nicht zuletzt auch deswegen, weil die neue europäische Verordnung in diesem Frequenzbereich keine Anforderungen an die Betriebseigenschaften von Lampen stellt und die gesundheitli-

chen Auswirkungen in diesem Frequenzbereich sehr wenig untersucht sind. Bislang liegen zudem nur wenige belastbare Daten über die tatsächliche Stärke der Felder in typischen Expositionssituationen vor. Auch die optische Strahlung, insbesondere die erzeugte UV-Strahlung und der Anteil kurzwelliges blaues Lichtes, gerieten im Zuge des Inkrafttretens der Verordnung vermehrt in den Fokus des öffentlichen Interesses.

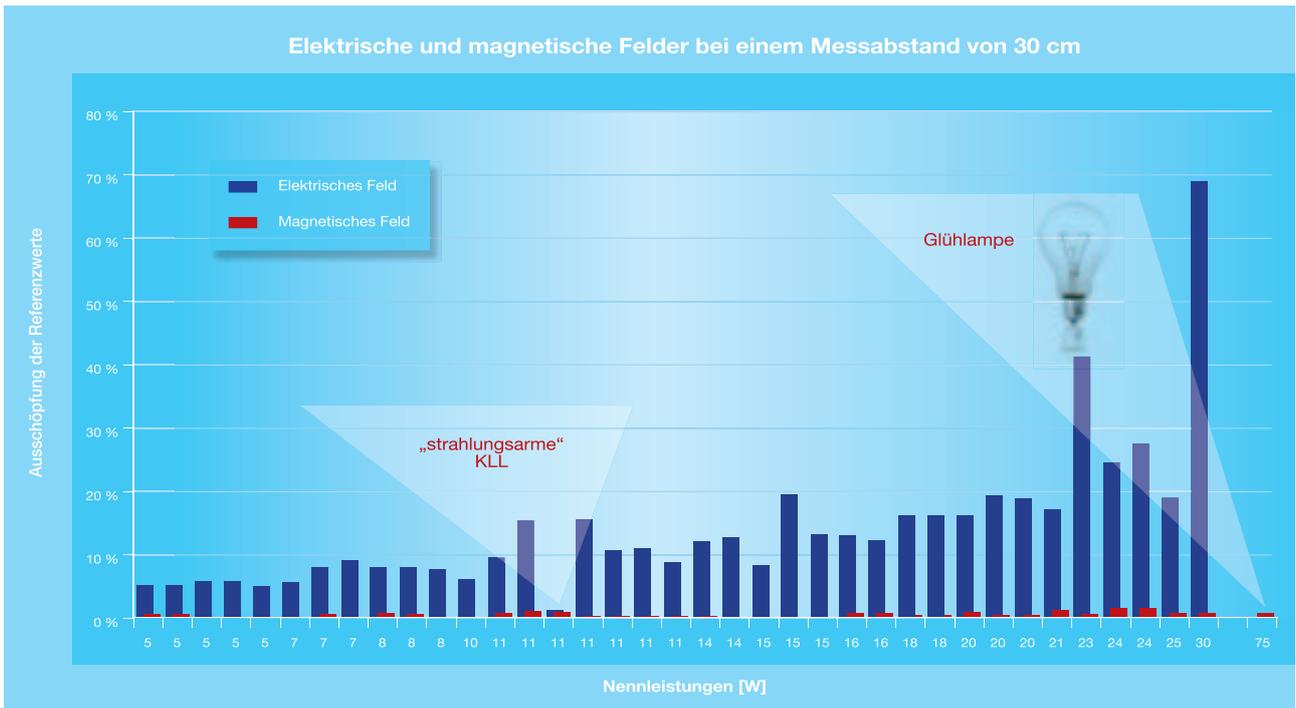
Vor diesem Hintergrund hat das Bundesamt für Strahlenschutz zusammen mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt und der Fachhochschule Augsburg 2009 Messungen an 37 handelsüblichen Kompaktleuchtstofflampen sowie numerische Simulationsrechnungen durchgeführt und die Ergebnisse an Hand der empfohlenen Grenzwerte zum Schutz vor nachteiligen gesundheitlichen Wirkungen nichtionisierender Strahlung bewertet.

Es wurde festgestellt, dass die verschiedenen Strahlungsarten die jeweiligen Grenzwerte auch in geringen Entfernungen von 20 bis 30 cm nicht überschreiten. Allerdings haben die Untersuchungen auch gezeigt, dass Referenz- und Grenzwerte von einigen Exemplaren in hohem Maße ausgeschöpft werden und die resultierenden Expositionen somit einer großen Streubreite unterliegen können.

So verursacht z. B. die von einem Hersteller als „strahlungsarm“ gekennzeichnete und beworbene Kompaktleuchtstofflampe in einem Abstand von 30 cm mit etwa 1 V/m (1 % des Referenzwerts) ein um ca. 90 % geringeres elektrisches Feld im Vergleich zu den untersuchten Lampen gleicher elektrischer Nennleistung (11 W). Die insgesamt höchste elektrische Feldstärke wurde an der leistungsstärksten Lampe (30 W, 1900 lm) gemessen und betrug 59 V/m (das entspricht 68 % des Referenzwerts). Im Unterschied zum elektrischen Feld war das magnetische Feld, bezogen auf den Referenzwert, bei allen un-



**Messung elektrischer und magnetischer Felder an einer Kompaktleuchtstofflampe**

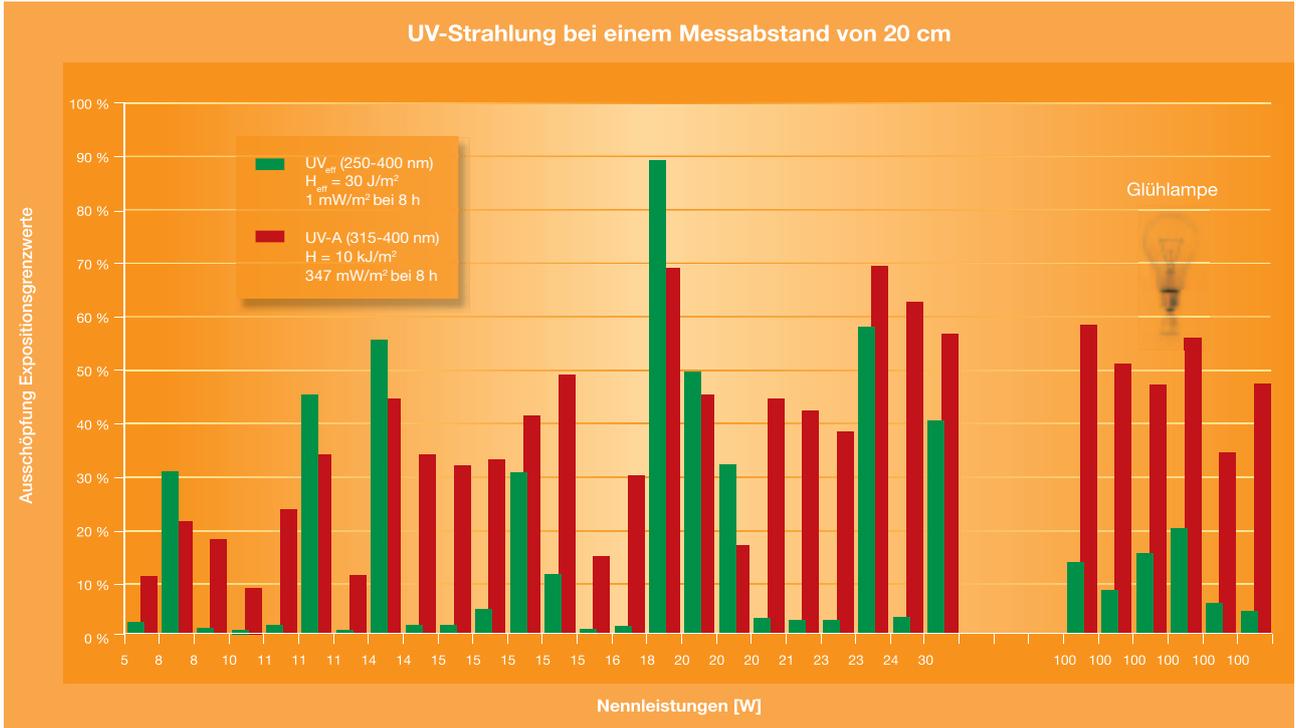


**Ausschöpfung der Referenzwerte für das elektrische und magnetische Feld im Bereich der Arbeitsfrequenz (einige zehn Kilohertz) von Kompaktleuchtstofflampen (KLL). Zum Vergleich ist die Ausschöpfung des Referenzwertes für das elektrische Feld einer Standardglühlampe (50 Hz) gezeigt.**

tersuchten Kompaktleuchtstofflampen sehr gering. Auch die emittierte UV-Strahlung variierte zwischen unterschiedlichen Lampen deutlich. Die im Bereich des Arbeitsschutzes verbindlichen Grenzwerte zum Schutz von Augen und Haut würden zwar auch nach mehrstündiger Exposition und in geringem Abstand von 20 cm von keiner der untersuchten Lampen überschritten. Die Ausschöpfung der Grenzwerte kann aber beträchtlich sein. Auffällig war, dass die zum Vergleich untersuchten 100-W-

Glühlampen UV-Strahlung in ähnlichen Größenordnungen wie einige Kompaktleuchtstofflampen emittieren.

Neben der UV-Strahlung, die bei hohen Expositionswerten eine nachgewiesene Gefährdung für Haut und Augen darstellt, kann intensives blaues Licht bei hohen Strahldichten eine Photoretinitis hervorrufen und somit das menschliche Auge schädigen. Bei Kompaktleuchtstofflampen findet man einen hohen Blaulichtanteil bei



**Ausschöpfung der empfohlenen und im beruflichen Bereich verbindlichen Expositionsgrenzwerte für künstliche UV-Strahlung. Links die Werte für Kompaktleuchtstofflampen, rechts zum Vergleich die Messergebnisse für Standardglühlampen.**

## Elektrische Feldstärke E

Maß für die Stärke und Richtung eines elektrischen Feldes. Die Einheit der elektrischen Feldstärke ist Volt pro Meter (V/m).

## Magnetische Feldstärke H

Maß für die Stärke und Richtung eines magnetischen Feldes. Die Einheit der magnetischen Feldstärke ist Ampere pro Meter (A/m). Häufig verwendet man anstatt der magnetischen Feldstärke die magnetische Flussdichte B in der Einheit Tesla (T). In Luft und in biologischem Gewebe gilt:  $B / H = 1,2 \cdot 10^{-6}$  Vs/Am.

## Grenzwert

Wert einer physikalischen Größe, der nicht überschritten werden soll oder darf, z. B. eine im menschlichen Körper hervorgerufene elektrische Stromdichte J in der Einheit Ampere pro Quadratmeter (A/m<sup>2</sup>).

## Referenzwert

Wert einer physikalischen Größe mit dem geprüft werden kann, ob für eine schwieriger zu bestimmende Größe der festgelegte Grenzwert unterschritten ist. Für Referenzwerte nutzt man vergleichsweise einfach außerhalb des Körpers zu messende Größen, wie z. B. elektrische und magnetische Feldstärken E und H. Ist ein Referenzwert überschritten, folgt daraus nicht unbedingt, dass der Grenzwert auch überschritten ist, sondern es muss dann mit aufwändigeren Verfahren die Einhaltung des zugehörigen Grenzwertes geprüft werden. Ein Referenzwert kann auch unmittelbar einen gesetzlichen Grenzwert darstellen, wie z. B. in der 26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz festgelegt.

Lampen mit hohen Farbtemperaturen, z. B. bei Tageslicht-weißen Lampen mit einer Farbtemperatur von 6.500 K (Kelvin). Während bei den untersuchten Kompaktleuchtstofflampen eine Gefährdung auch bei einem angenommenen mehrstündigen direkten Blick auf die Lampe nicht zu erwarten ist, kann der Grenzwert von klaren Standard- und insbesondere von Halogenglühlampen deutlich früher (innerhalb weniger Minuten) erreicht werden. Grund hierfür ist, dass das Licht dieser Lampen eine wesentlich höhere Strahldichte aufweisen kann.

### Zusammenfassende Bewertung

Unter den definierten Expositionsbedingungen haben alle untersuchten Lampen die einschlägigen Grenzwerte eingehalten. Die Strahlung von „Energiesparlampen“ (Kompaktleuchtstofflampen) stellt somit nach derzeitigem wissenschaftlichen Kenntnisstand keine Gefährdung der Gesundheit dar und unterscheidet sich in dieser Hinsicht nicht von der von Glühlampen. Allerdings zeigt der Umstand, dass vergleichbare Energiesparlampen die Grenzwerte in unterschiedlichem Maße ausschöpfen, weiteres Verbesserungspotenzial auf. Die Angebotspalette eines Herstellers belegt, dass dieses auch unter Marktbedingungen genutzt werden kann, um unerwünschte Strahlungsanteile weiter zu reduzieren.

Wer seine persönliche Exposition minimieren möchte, kann für Beleuchtungssituationen, in denen nur ein geringer Abstand zur Leuchte besteht, Kompaktleuchtstofflampen mit einem zusätzlichen äußeren Glas- oder Kunststoffkolben verwenden. Von derartigen Lampen wird vergleichsweise wenig UV-Strahlung emittiert, während bei Lampentypen ohne einen zusätzlichen äußeren Kolben unterschiedlich hohe Werte auftreten. Niederfrequente elektrische Felder können durch metallische, geer-

dete Lampenschirme reduziert werden. Die Lampenhersteller sollten expositionsminimierende Konstruktionsmaßnahmen konsequenter als bisher umzusetzen. Hierzu gehört die Forderung, UV-Strahlung absorbierende Glasarten für die Lampenrohre zu verwenden und technische Maßnahmen zu ergreifen, die die Emission elektrischer Felder weiter reduzieren. Zur einfachen Orientierung der Verbraucher sollten sie solche Lampen, die auch dem vorsorglichen Strahlenschutz besonders gerecht werden, entsprechend kennzeichnen. Das Bundesamt für Strahlenschutz unterstützt in diesem Zusammenhang das Umweltbundesamt bei der Erstellung einer Vergabegrundlage für das Umweltzeichen „Der blaue Engel“, das eine etablierte und für den Verbraucher einfach zu erkennende Kennzeichnung darstellt.

## DIE ÜBERWACHUNG NATÜRLICHER RADIONUKLIDE IM TRINKWASSER

Monitoring Natural Radionuclides in Drinking Water

Ansprechpartner:

Thomas Bünger (030 18333-4312)  
Andreas Labahn (030 18333-4310)

*The Federal Office for Radiation Protection (BfS) performed a survey on the radiological quality of drinking water. Based on these results and European regulations the Federal Ministry of Health has submitted a draft of the drinking water ordinance with standard values for radon-222 (100 Bq/l), total indicative doses (0.1 mSv/a) and tritium (100 Bq/l). A team of experts from the Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), BfS, public authorities and independent laboratories are currently working on guidelines on how to imple-*

ment the regulations for radioactivity in the planned amendment of the German Drinking Water Ordinance.

Wasser ist als wichtigstes Lebensmittel lebensnotwendig und nicht zu ersetzen. Im Hinblick auf die nach der Trinkwasserverordnung von 2001 (TrinkwV 2001) einzuführende Überwachung radioaktivitätsbezogener Parameter hat das Bundesamt für Strahlenschutz eine umfangreiche Studie zur Strahlenbelastung durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser durchgeführt und die Ergebnisse veröffentlicht (siehe <http://www.bfs.de/de/ion/nahrungsmittel/trinkwasser.html>).

Auf dieser Grundlage sowie unter Berücksichtigung der entsprechenden normativen Vorgaben der EU (EU-Trinkwasserrichtlinie 98/83/EC, EU-Radonempfehlung 2001/928/EURATOM) wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) unter Beteiligung des BfS (Leitstelle Trinkwasser nach StrVG) ein Konzept zur Überwachung der radioaktivitätsbezogenen Parameter im Trinkwasser erstellt, das in den Referentenentwurf zur Novellierung der Trinkwasserverordnung des zuständigen Ministeriums für Gesundheit (BMG) eingeflossen ist. Der Entwurf enthält folgende Richtwerte:

Tritium-Aktivitätskonzentration: 100 Bq/l;

Gesamtrichtdosis für einen Erwachsenen: 0,1 mSv/Jahr

Radon-222-Aktivitätskonzentration: 100 Bq/l.

In der praktischen Überwachung nach der TrinkwV spielen im Normalfall ausschließlich Radionuklide natürlichen Ursprungs eine Rolle. Zur Optimierung der Überwachung dieser Radionuklide hat das BfS ein abgestuftes Vorgehen erarbeitet, das in einem ersten Schritt zur Bewertung der Einhaltung der Gesamtrichtdosis die Bestimmung eines einfachen Übersichtsparameters, der Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration, vorsieht. Erst bei Überschreitung des dafür vorgesehenen Schwellenwertes sind vertiefte radionuklidspezifische Messungen erforderlich.

2009 wurde unter Leitung des BfS und Beteiligung von Vertretern verschiedener Behörden, Verbände, Ministerien, Wasserversorgungsunternehmen und unabhängiger analytischer Laboratorien eine Arbeitsgruppe eingerichtet, die einen Leitfaden für den praktischen und bundesweit einheitlichen Vollzug der TrinkwV in Bezug auf die radioaktivitätsbezogenen Parameter und eine adäquate Qualitätssicherung der Überwachungsmaßnahmen erarbeiten soll.

## SONNENSTRAHLUNG UND SOLARIEN

UV Exposure: Sun and Tanning Sunbeds

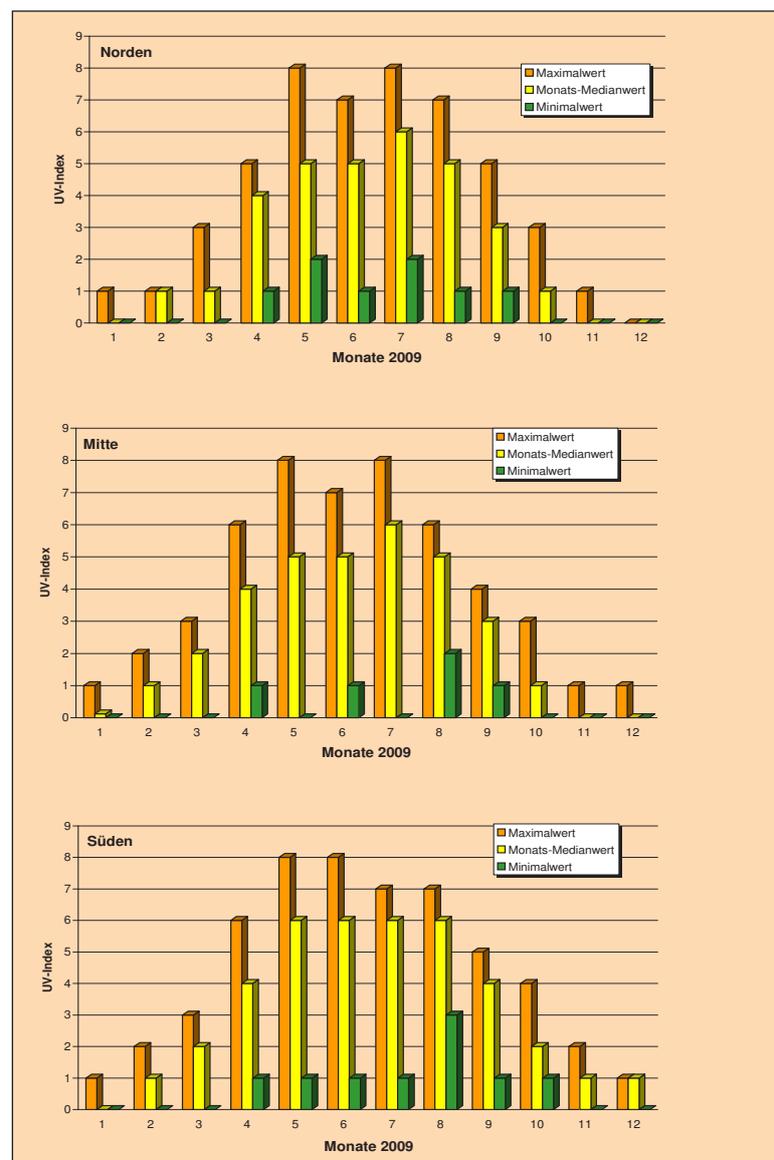
Ansprechpartnerin:

Cornelia Baldermann (030 18333-2141)

Solar UV radiation as well as man-made UV radiation can result in serious health hazards including skin cancer. In 2009, the IARC (International Agency for Research on Can-

cer) classified UV radiation as "carcinogenic to humans" (Group 1). BfS regularly publishes data about the daily peak values of the sunburn-effective ultraviolet radiation (international UV-Index) and provides advice about the related individual precautionary measures. Because of the apparent failure of the voluntary certification procedure for sunbed studios, a legal regulation was aspired by BfS and BMU. On 3rd August 2009 a national law came into force which includes the protection against non-ionizing radiation (NiSG). The law bans the use of sunbeds for persons under the age of 18. Specific legal requirements related to consumer protection in sunbed studios are under preparation.

Die Bevölkerung ist ultravioletter (UV-) Strahlung als Teil der Sonnenstrahlung tagtäglich ausgesetzt. Wer sich im Übermaß dieser Strahlung aussetzt, erhöht die Gefahr, später an Hautkrebs zu erkranken. Auf Grund



Maximale und mittlere UVI-Werte eines jeweiligen Monats für den Norden, die Mitte und den Süden der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2009. Die für das Berichtsjahr 2009 ermittelten Daten wiesen in Deutschland Maximalwerte des UV-Index von 8 auf. Ab einem UV-Index von 3 und höher sind individuelle Schutzmaßnahmen notwendig (s. [http://www.bfs.de/de/uv/uv\\_messnetz/uvi/erlaeuterung.html](http://www.bfs.de/de/uv/uv_messnetz/uvi/erlaeuterung.html)).

UV-Index	Belastung	Schutzmaßnahmen
8 und höher	sehr hoch	<p>Erweiterte Schutzmaßnahmen erforderlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufenthalt außerhalb des Hauses in den Mittagsstunden möglichst vermeiden</li> <li>• auf jeden Fall Schatten aufsuchen</li> <li>• entsprechende Kleidung, Hut und Sonnenbrille unbedingt nötig, für unbedeckte Haut unbedingt Sonnenschutzmittel mit ausreichendem Lichtschutzfaktor (mindestens doppelter UV-Index) und UV-A-Schutz verwenden</li> </ul>
6 - 7	hoch	<p>Schutzmaßnahmen erforderlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• während der Mittagsstunden Schatten aufsuchen</li> <li>• entsprechende Kleidung, Hut und Sonnenbrille nötig, für unbedeckte Haut Sonnenschutzmittel mit ausreichendem Lichtschutzfaktor (mindestens doppelter UV-Index) und UV-A-Schutz verwenden</li> </ul>
3 - 5	mittel	
0 - 2	niedrig	keine Schutzmaßnahmen erforderlich

**Einteilung der verschiedenen Bereiche des UV-Index und die empfohlenen Schutzmaßnahmen (entsprechend der Empfehlung der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK) vom Juni 2004)**

## UV-Index

Der UV-Index (abgekürzt: UVI) ist ein Maß für die höchste sonnenbrandwirksame Bestrahlungsstärke, die von der Sonne während des Tages auf einer horizontalen Fläche hervorgerufen wird. Da sich der UVI stets auf eine horizontale Fläche bezieht, können Reflexionen an Sand und Schnee die Höhe des UVI nur geringfügig beeinflussen. Daher ist auf Schnee, auf dem Wasser und auf hellen Sandflächen die Strahlenbelastung aufgrund der reflektierten UV-Strahlung oft höher, als der UVI angibt, so dass in solchen Situationen besonders auf einen ausreichenden Sonnenschutz zu achten ist.

International wurde festgelegt, den UVI stets in ganzen Zahlen anzugeben. Ein UVI von 7 in Deutschland ist genauso zu bewerten wie der gleiche Wert in Kenia oder Kanada. Am Äquator beträgt der UVI bei unbedecktem Himmel auf Meereshöhe etwa 12. In Deutschland werden im Sommer UVI-Werte bis 8 erreicht, in den Hochlagen der süddeutschen Gebirgsregionen sogar noch höhere Werte. Je höher der UVI an einem Tag ist, desto schneller kann bei ungeschützter Haut ein Sonnenbrand auftreten.

des heutigen Freizeitverhaltens in der Sonne und der Nutzung so genannter Wellnessbereiche mit Solarien steigt die UV-Belastung der Bevölkerung kontinuierlich an. Die Besorgnis erregende Zunahme von Hautkrebs-erkrankungen mit rd. 140.000 Neuerkrankungen pro Jahr in Deutschland wird mit diesem Freizeitverhalten in Verbindung gebracht. In den letzten 10 Jahren hat sich die Neuerkrankungsrate an schwarzem Hautkrebs (malignes Melanom) verdoppelt. Es besteht dringender Handlungsbedarf zum Schutze der Verbraucher.

Um die Menschen vor übermäßigen UV-Belastungen zu schützen, informierte das BfS 2009 kontinuierlich über den am Boden zu erwartenden Tagesspitzenwert der sonnenbrandwirksamen UV-Strahlung mit Hilfe des international einheitlich festgelegten UV-Index (UVI). Die aktuellen Werte des bundesweiten UV-Messnetzes sind auf den Internetseiten des BfS unter [http://www.bfs.de/de/uv/uv\\_messnetz/uvi/messnetz.html](http://www.bfs.de/de/uv/uv_messnetz/uvi/messnetz.html) zu finden.

Das BfS setzte sich in 2009 wie schon seit einigen Jahren für den Verbraucherschutz in Solarien ein. Es ist wissenschaftlich belegt, dass die in Solarien verwendete UV-Strahlung in gleichem Maße wie die UV-Strahlung der Sonne krebserregend für Menschen ist und die hohe UV-Strahlenbelastung durch Solarien dazu beiträgt, dass die Zahl der Hautkrebserkrankungen ansteigt. Das Risiko, an Hautkrebs zu erkranken, steigt, verglichen mit Menschen, die nicht regelmäßig ein Solarium benutzen, um bis zu 75 % an, wenn bereits vor dem 30. Lebensjahr regelmäßig ein Solarium besucht wird. Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) der WHO hat deshalb im Jahr 2009 die natürliche wie die künstlich erzeugte UV-Strahlung in die höchste Krebsrisikostufe und damit als sicher krebserregend für den Menschen eingestuft.

Das BfS hat bereits 2001 einheitliche Kriterien für einen Mindeststandard zum Schutz der Kunden von Solarien vor zu hoher UV-Belastung und damit vor einem zu hohen gesundheitlichen Risiko festgelegt. Diese Kriterien bilden die Grundlage für das in 2003 geschaffene freiwillige Zertifizierungsverfahren für Solarien. Ein aus Sicht des Strahlenschutzes gesundheitsfördernder Verbraucherschutz konnte auf diese Weise aber nicht gewährleistet werden. Aus diesem Grund hat das BfS dem BMU im Jahr 2009 eine gesetzliche Regelung empfohlen und hierzu fachliche Vorarbeit geleistet. Am 3. August 2009 wurde das Gesetz zur Regelung des Schutzes vor nichtionisierender Strahlung (NiSG) im Bundesgesetzblatt (BGBl. I 2009, S. 2433) veröffentlicht. Das Gesetz regelt den Schutz und die Vorsorge im Hinblick auf schädliche Wirkungen, die durch die Anwendung nichtionisierender Strahlung am Menschen verursacht werden können. Bestandteil des Gesetzes ist das Verbot zur Nutzung von Solarien durch Minderjährige. Detaillierte Anforderungen an die Qualität des Betriebs von Solarien werden gegenwärtig auf der Basis des Gesetzes in einer Verordnung konkretisiert.

# RÖNTGENDIAGNOSTIK IN DEUTSCHLAND: TRENDS FÜR DIE JAHRE 1996 BIS 2006

X-ray Diagnostics in Germany: Time Trends for the Period 1996 to 2006

Ansprechpartnerin:

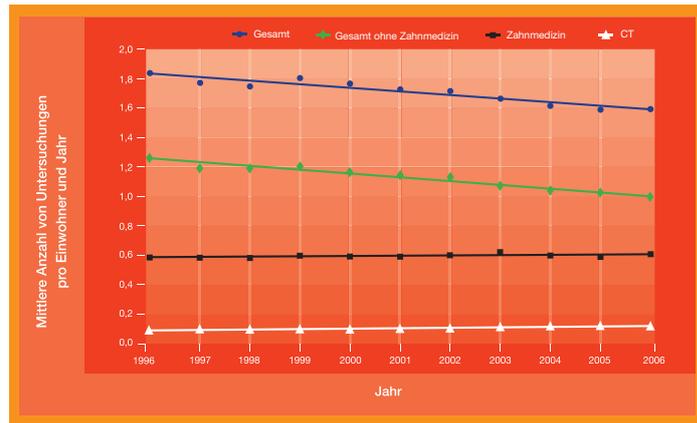
Elke Nekolla (030 18333-2327)

In Germany, the frequency of X-ray examinations per head of population was approximately 1.6 in the year 2006. A decreasing trend in the overall frequency of X-ray exams was observed during the period 1996 to 2006. Apart from dental X-ray examinations which account constantly for about 0.6 examinations per head of population, X-ray examinations of the skeleton (i. e. head, shoulder, spine, pelvis/hip, extremities) and of the thorax are most frequent. The frequency of conventional X-ray examinations of the chest, spine, of the abdomen/pelvis, and of venographies is decreasing. On the other hand, the number of CT examinations is increasing, accounting for about 3 % of the total X-ray frequency in 1996 and for about 7 % in 2006. Because of the rising application of CT, the mean annual per caput effective dose from X-ray examinations in Germany increased from about 1.5 mSv in 1996 to about 1.8 mSv in 2006.

Das BfS erhebt bereits seit Anfang der 1990er Jahre Daten zur Häufigkeit und Dosis von Röntgenuntersuchungen in der deutschen Bevölkerung und wertet diese aus. Seit dem Jahr 2002 ist die regelmäßige Datenerhebung eine Amtsaufgabe des BfS. Die Erfassung, Auswertung und Bewertung der Daten erfolgen jährlich.

### Datenquellen und Vorgehensweise

Ärztliche Leistungen werden über spezielle Gebührensätze abgerechnet, die die ärztlichen Maßnahmen und damit auch die hier interessierenden radiologischen Maßnahmen beschreiben. Da ca. 98 % der deutschen Bevölkerung gesetzlich oder privat krankenversichert ist, kann die Häufigkeit



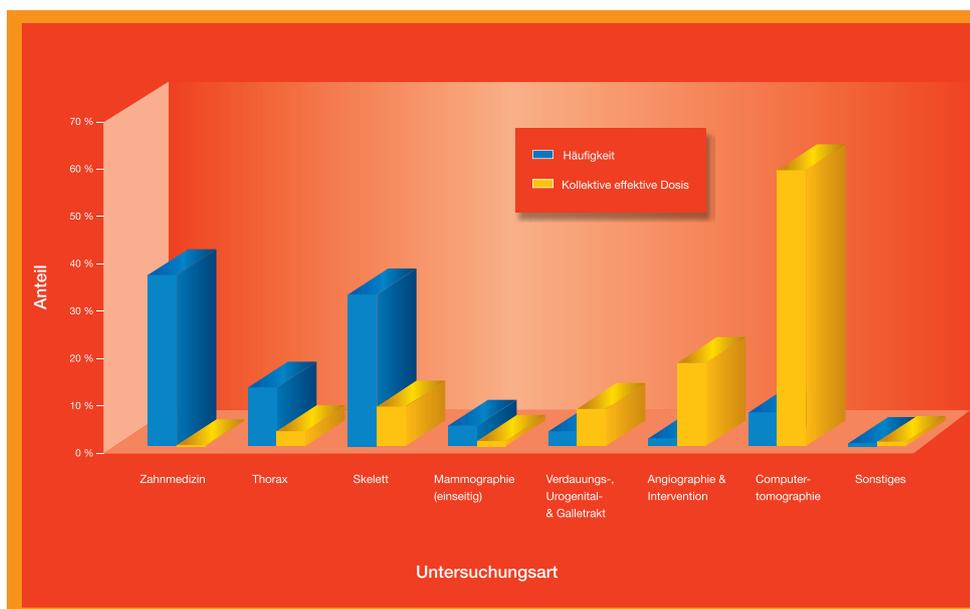
### Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen in Deutschland

röntgendiagnostischer Untersuchungen sehr gut mithilfe von Gebührensätzen abgeschätzt werden. Hauptquelle für diese Abschätzung sind die Kostenträger wie die kassenärztliche und kassenzahnärztliche Bundesvereinigung sowie der Verband der privaten Krankenversicherung.

Für die Bestimmung der Dosen einzelner Untersuchungsarten wurden aktuelle Erhebungen zur CT-Untersuchungspraxis in Deutschland, Ergebnisse neuerer Forschungsvorhaben und der aktuellen Literatur sowie stichprobenartige Messungen des BfS in Krankenhäusern und Arztpraxen berücksichtigt. Aus Häufigkeitsdaten und Dosisabschätzungen wurde die kollektive effektive Dosis und daraus schließlich die effektive Dosis pro Einwohner berechnet.

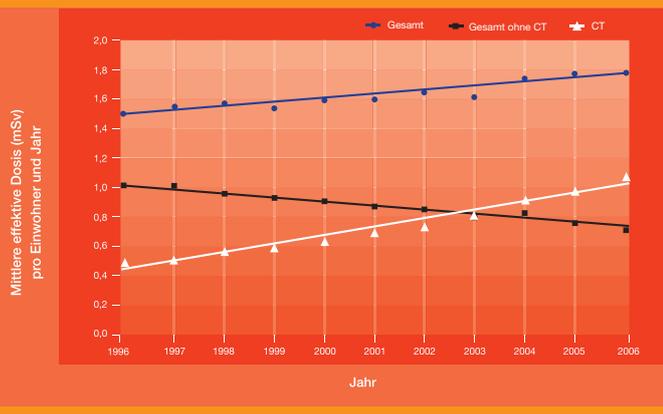
### Ergebnisse der aktuellen Auswertung

Die aktuelle Auswertung der Daten zur Häufigkeit und Dosis von Röntgenuntersuchungen in Deutschland bezieht sich auf die Jahre 1996 bis 2006, so dass Trends im Vergleich zu vorherigen Auswertungen nun deutlicher erkennbar und sicherer zu beurteilen sind.



Prozentualer Anteil der verschiedenen Untersuchungsarten an der Gesamthäufigkeit und an der kollektiven effektiven Dosis für das Jahr 2006

Die Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen in Deutschland nahm zwischen 1996 und 2006 insgesamt um 12 % ab, wobei der Wert für das Jahr 2006 bei etwa 1,6 Röntgenuntersuchungen pro Einwohner und Jahr liegt (siehe Abb. oben). Die zahnmedizinische Röntgendiagnostik belief sich in den Jahren 1996 bis 2006 nahezu konstant auf etwa 0,6 Röntgenuntersuchungen pro Einwohner und Jahr. Neben den zahnmedizinischen Untersuchungen entfiel der größte Teil aller Röntgenuntersuchungen auf das Skelett (d. h. Schädel, Schultergürtel, Wirbel-



### Mittlere effektive Dosis (in mSv) pro Einwohner und Jahr durch Röntgenuntersuchungen in Deutschland

säule, Beckengürtel, Extremitäten) und auf den Brustkorb.

Die Häufigkeit konventioneller Röntgenuntersuchungen des Brustkorbs und des Bauchraums/Beckens hat zwischen 1996 und 2006 abgenommen. In der Trendanalyse am auffälligsten ist jedoch die stetige Zunahme der CT-Untersuchungen in diesem Zeitraum. Insgesamt hat sich die Anzahl der CT-Untersuchungen zwischen 1996 und 2006 nahezu verdoppelt.

Die mittlere effektive Dosis pro Einwohner in Deutschland stieg von ca. 1,6 mSv im Jahr 1996 auf ca. 1,8 mSv im Jahr 2006 an (Abb. oben). Dieser Anstieg der jährlichen Pro-Kopf-Dosis hat seine Ursache im Wesentlichen in der Zunahme der CT-Untersuchungshäufigkeit bzw. in der daraus resultierenden ansteigenden mittleren effektiven Dosis pro Einwohner zwischen 1996 und 2006. Demgegenüber nimmt die mittlere jährliche effektive Dosis pro Kopf der Bevölkerung bei den restlichen Untersuchungsverfahren über den Zeitraum 1996 bis 2006 ab.

CT-Untersuchungen sowie die ebenfalls dosisintensiven Angiographien (Darstellung von Blutgefäßen nach Kontrastmittelgabe mittels Röntgen) und die häufig mit Angiographien einhergehenden interventionellen Maßnahme (beispielsweise die Erweiterung von verengten Blutgefäßen) tragen weniger als 10 % zur Gesamthäufigkeit bei, ihr Anteil an der kollektiven effektiven Dosis betrug im Jahr 2006 jedoch etwa drei Viertel.

#### Internationaler Vergleich

Eine Zunahme der medizinischen Strahlenexposition ist weltweit zu beobachten. Ganz allgemein spiegelt dieser Trend die zunehmende Bedeutung der bildgebenden Verfahren in der Medizin wider. Im europäischen Vergleich liegt Deutschland nach den vorliegenden Daten sowohl bezüglich der Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen als auch bezüglich der mittleren effektiven Dosis pro Einwohner und Jahr im oberen Bereich. Die großen Unterschiede bei Häufigkeit und Dosis in den unterschiedlichen Ländern können größtenteils auf die verschiedenen Gesundheitssysteme zurückgeführt werden,

denn diese haben u. a. Einfluss auf den Bestand an Röntengeräten (insbesondere CT-Geräten). Jedoch scheint auch der finanzielle Anreiz, Röntgenuntersuchungen durchzuführen – ein Faktor, der ebenfalls stark vom jeweiligen Gesundheitssystem abhängig ist – eine erhebliche Rolle zu spielen. Daher sind in Ländern mit vergleichbaren Gesundheitssystemen wie der Schweiz, Luxemburg oder Belgien Häufigkeit und Dosis medizinischer Strahlenbelastung von ähnlicher Größenordnung wie in Deutschland. In den USA dagegen betrug im Jahre 2006 die effektive Dosis pro Kopf aus Röntgen-Diagnostik (einschließlich interventioneller Maßnahmen) etwa 2,3 mSv, wobei die CT zur kollektiven effektiven Dosis etwa 65 % beitrug. Auch in Japan liegt die medizinische Strahlenexposition sehr hoch. Im Jahre 2000 lag allein die aus CT-Untersuchungen resultierende effektive Dosis pro Kopf der Bevölkerung bei etwa 2 mSv.

## AKTUALISIERUNG DER DIAGNOSTISCHEN REFERENZWERTE IN DER RÖNTGENDIAGNOSTIK

Update of the Diagnostic Reference Levels in Diagnostic Radiology

Ansprechpartner:

Richard Veit (030 18333-2339)

*In 2003 the Federal Office for Radiation Protection (Bfs) introduced diagnostic reference levels (DRLs) for diagnostic and interventional X-ray procedures. They represent upper guidance levels for patient dose of frequent and high-dose X-ray examinations, which should not be exceeded consistently and unjustified by the mean values of patient doses in the various installations of diagnostic radiology. The so called "Ärztliche Stellen", medical bodies responsible for quality assurance of X-ray examinations in Germany, have to check the compliance of the mean patient doses with the DRLs. In addition, the "Ärztliche Stellen" have to send a collection of these results to Bfs on a yearly basis to enable the Bfs to update the DRLs. For the purpose of the first update the dose data of 2006 - 2009 have been evaluated. The updated DRLs will be based on the third quartile values of the respective mean patient dose distributions.*

Diagnostische Referenzwerte (DRW) wurden vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) für häufige und dosisintensive Röntgenuntersuchungen erstellt und mit Veröffentlichung im Bundesanzeiger Nr. 143 vom 5. August 2003 in die Röntgendiagnostik eingeführt. Damit wurde eine Forderung der europäischen Patientenschutz-Richtlinie 97/43/EURATOM in nationales Recht überführt. Die DRW sind keine Grenzwerte, die bei der Untersuchung von einzelnen Patienten eingehalten werden müssen. Sie stellen vielmehr obere Richtwerte der Patientendosis dar, die im Mittel (Mittelwert der Dosis einer Röntgenuntersuchung über mindestens 10 Patienten) von den Kliniken und Praxen nicht überschritten werden sollen.

## Maßnahmen zur Reduktion der medizinischen Strahlenbelastung durch Röntgenuntersuchungen

Da jeder Einsatz von Röntgenstrahlung in der medizinischen Diagnostik mit einem gewissen, wenn auch geringen, Strahlenrisiko (d. h. einem infolge der Strahlung erhöhten Krebsrisiko) verbunden ist, kommt in jedem Einzelfall der Rechtfertigung durch den Arzt, also der Nutzen-Risiko-Abwägung aus medizinischer Sicht, eine zentrale Bedeutung zu. Für diese so genannte 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 gezielt nach, warum eine Röntgenuntersuchung notwendig ist und ob alternative Diagnoseverfahren eingesetzt werden können.

Ärztliche Praxen oder Institutionen, in denen Röntgenuntersuchungen durchgeführt werden, sind verpflichtet, Röntgenpässe bereitzuhalten 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 auch beim Bundesamt für Strahlenschutz über [info@bfs.de](mailto:info@bfs.de) bestellen.

Die für die Qualitätssicherung bei Röntgenuntersuchungen zuständigen Ärztlichen Stellen (ÄS) sind auch für die Überprüfung der Beachtung der DRW durch die Betreiber der Röntgeneinrichtungen verantwortlich und sollen diesen gegebenenfalls Maßnahmen zur Optimierung und Verringerung der Strahlenexposition empfehlen. Die ÄS sind außerdem verpflichtet, die Nichtbeachtung der Optimierungsvorschläge und jede beständige, ungerechtfertigte Überschreitung der DRW der zuständigen Landesbehörde zu melden. Weiterhin sollen sie dem BfS jährlich eine Zusammenstellung der bei den Betreibern ermittelten Expositionswerte übermitteln. Diese Maßnahme soll das BfS in die Lage versetzen, die DRW in regelmäßigen Zeitabständen zu aktualisieren.

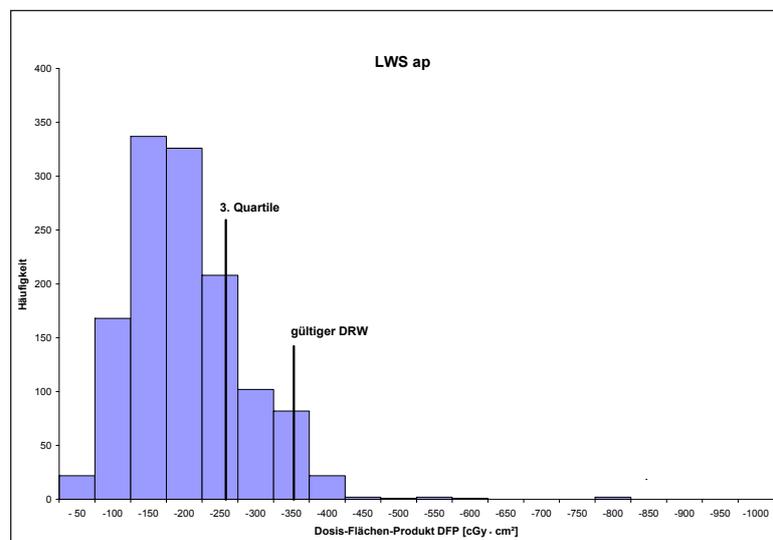
Die Aktualisierung der DRW soll gemäß dem Vorschlag der Europäischen Union und der Internationalen Strahlenschutzkommission ICRP auf Basis der 75. Perzentile der Verteilung der Mittelwerte der Patientendosen bei einer großen Zahl von Betreibern erfolgen. Die 75. Perzentile (oder 3. Quartile) einer solchen Dosisverteilung ist der Wert, den 75 % der Kliniken und Praxen einhalten und 25 % überschreiten. Die letztgenannten 25 % sollen nach der deutschen Um-

setzung des Konzepts der DRW durch die Optimierungsvorschläge der Ärztlichen Stellen in die Lage versetzt werden, die DRW einzuhalten. Es wird erwartet, dass dadurch sowohl die Patientendosis als auch die DRW langfristig sinken und damit eine Reduzierung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch die Röntgendiagnostik erreicht wird.

Für die vom BfS im Jahr 2010 geplante Aktualisierung der DRW wurden insgesamt 22 gemeldete Datensätze von 10 der 21 Ärztlichen Stellen mit Patientendosiswerten der Jahre 2006 bis 2009 ausgewertet. Um Fehler zu minimieren, wurden nur von der Röntgeneinrichtung angezeigte Werte der Patientendosis berücksichtigt. Aus den Verteilungen der mittleren Patientendosis bei allen von den Ärztlichen Stellen gemeldeten Betreibern wurden die statistischen Größen Median und 3. Quartile für die verschiedenen Untersuchungsarten ermittelt. In der Abbildung unten ist das am Beispiel der Aufnahme Lendenwirbelsäule anterior-posterior (LWS ap) und der Messgröße Dosisflächenprodukt (DFP) gezeigt. Wie man sieht, liegt die 3. Quartile der Patientenexposition deutlich unter dem gültigen DRW.

Für Röntgenaufnahmen und Durchleuchtungsuntersuchungen von Erwachsenen liegen insgesamt die 3. Quartile der Patientenexposition ca. 20 bis 50 % unter den momentan gültigen DRW. Das gilt auch für die meisten CT-Untersuchungen. Damit zeigt sich erfreulicherweise ein Trend in Richtung einer Reduzierung der Patientendosen.

Die Optimierung der röntgendiagnostischen Untersuchungen bleibt jedoch eine ständige Aufgabe, der das BfS durch weitere Aktualisierungen der DRW nachkommen wird, wann immer dies fachlich sinnvoll ist. Um dieses Konzept wie beabsichtigt umzusetzen, muss jedoch zukünftig der Datentransfer von den Betreibern zu den Ärztlichen Stellen und von diesen zum BfS noch verbessert werden.



Verteilung des Dosisflächenprodukts für die Aufnahme Lendenwirbelsäule (LWS) ap aufgrund der von den Ärztlichen Stellen von 2006-2009 an das BfS gemeldeten Daten

# AUSGEWÄHLTE EINZELTHEMEN

Further Selected Working Areas of BfS

## SCHUTZ VOR IONISIERENDER UND NICHTIONISIERENDER STRAHLUNG

Protection from Hazardous Effects of Ionizing and Non-ionizing Radiation

### DIE DEUTSCHE URANBERGARBEITER-STUDIE - AKTUELLE ERGEBNISSE

The German Uranium Miners Cohort Study – Updated Results

Ansprechpartnerin:

Michaela Kreuzer (030 18333-2250)

*The German uranium miners cohort includes 58,987 men who were employed between 1946 and 1989 at the former Wismut uranium mining company in Eastern Germany. A total of 6,373 cancer deaths and 7,395 deaths from cardiovascular diseases were observed in the follow-up period from 1946 to 2003. A statistically significant relation with cumulative radon exposure was observed for lung cancer and the group of cancers of the extra-thoracic airways and trachea. The present study provides clear evidence of an increased radon-related risk of death from lung cancer, some evidence for an increased radon-related risk of death from cancers of the extra-thoracic airways and some other non-respiratory cancers and no evidence for mortality from cardiovascular diseases. These findings are consistent with the results of other miners studies and dosimetric calculations for radon-related organ doses. Data of the German uranium miners cohort study are open for interested scientists. Application procedures can be found at: <http://www.bfs.de/en/bfs/forschung/Wismut>.*

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 etwa 59.000 Personen, die zwischen 1946 und 1989 bei der Wismut beschäftigt waren. Wie im BfS-Jahresbericht 2008 berichtet, wurden bis Ende 2003 in der Kohorte 6.373 Krebstodesfälle und 7.395 Todesfälle in Folge von Herz-Kreislauf-erkrankungen beobachtet. Auf der Basis dieser neuen Daten wurde eine aktualisierte Auswertung des radonbedingten Sterberisikos für Lungenkrebs, andere Tumoren und Herz-Kreislauf-erkrankungen vorgenommen und in den internationalen Fachzeitschriften Radiation Research bzw. Radiation Environment and Biophysics im Jahr 2009 nach wissenschaftlicher Begutachtung publiziert.

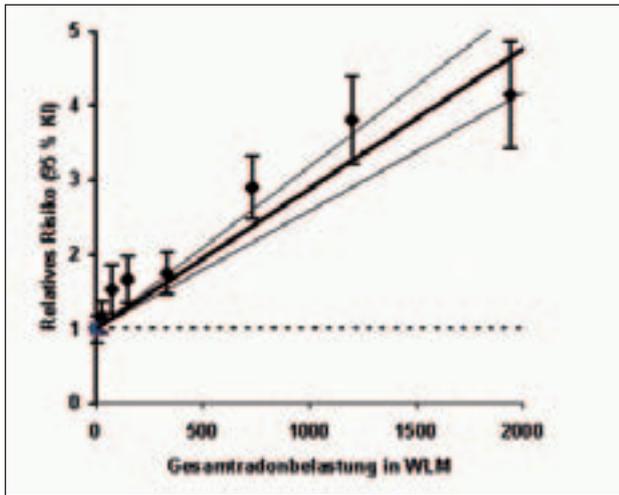
Die aktuellen Ergebnisse bestätigen den in anderen Bergarbeiterstudien gefundenen deutlichen Zusammenhang zwischen Lungenkrebssterberisiko und Radonbelastung. Sie geben erstmals einen deutlichen Hinweis

auf ein ebenfalls erhöhtes Sterberisiko für Tumoren der oberen Luftwege durch Radon. Unklar ist die Situation für Tumore des Nicht-Atemtrakts. Die beobachteten Risikoerhöhungen können evtl. auch durch Zufall erklärt werden. Im Hinblick auf die Sterblichkeit an Herz-Kreislauf-erkrankungen ist Radon als Ursache unwahrscheinlich.

Radon ist ein radioaktives Edelgas, das eingeatmet wird. Die Hauptstrahlendosis erhält die Lunge und die oberen Luftwege (Hals-Nasen-Rachenraum), während nur ein sehr kleiner Teil des Radons in das Blut und damit in andere Organe gelangt. In Studien an beruflich radonbelasteten Personen wird für jede Person die Gesamttradonbelastung während der beruflichen Beschäftigungszeit berechnet. Diese wird üblicherweise in Working Level Months (WLM) angegeben. Um das Sterberisiko in Abhängigkeit von der beruflichen Gesamttradonbelastung zu untersuchen, wurde diese in mehrere Belastungsgruppen unterteilt und das zugehörige relative Risiko im Vergleich zur Referenzkategorie 0 WLM (keine Radonbelastung) berechnet. Das relative Risiko 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.

#### Ergebnisse zum radonbedingten Lungenkrebsrisiko

In der Wismut-Kohorte sind bis 2003 insgesamt 3.016 Lungenkrebssterbefälle aufgetreten. Die Abbildung auf S. 46 zeigt das relative Risiko für Lungenkrebs in Abhängigkeit von der Gesamttradonbelastung. Bereits bei Radonkonzentrationen oberhalb von 50 WLM zeigt sich ein statistisch signifikant erhöhtes Risiko für Lungenkrebs. Bei einer Gesamttradonbelastung von mehr als 1.000 WLM ist das Risiko, an Lungenkrebs zu sterben, etwa 4-fach höher im Vergleich zu einer Exposition mit 0 WLM. Das Risiko steigt proportional mit der Gesamttradonbelastung an, d. h. um 0,19 % pro 100 WLM. Diesen Wert bzw. Risikoanstieg bezeichnet man als das zusätzliche Relative Risiko oder Excess Relative Risk (ERR) pro WLM. Weitergehende Analysen erbrachten, dass das ERR/WLM zusätzlich durch andere Faktoren beeinflusst wird. Je länger die Exposition zurückliegt, je älter eine Person ist und je niedriger die Expositionsrate (-höhe) ist, umso niedriger ist das ERR pro WLM. Insgesamt ist das in der Wismut-Kohorte geschätzte radonbedingte Lungenkrebsrisiko in etwa vergleichbar hoch wie in anderen radonbezogenen Bergarbeiterstudien.



Relatives Risiko für Lungenkrebssterblichkeit (n = 3.016) in Abhängigkeit von der Strahlenexposition aus radioaktiver Belastung durch Radon in Working Level Months (WLM). Kategoriale Schätzer und lineares Modell mit 95 % Konfidenzbereich (KI).

#### Ergebnisse zum radonbedingten Risiko für Tumore der oberen Atemwege

Tumore der oberen Atemwege (Hals-Nasen-Rachenraum) treten verglichen mit Lungenkrebs seltener auf. Deshalb gibt es bisher nur wenige Untersuchungen hierzu aus anderen Bergarbeiterstudien. Diese Krebsfälle sind jedoch von besonderem Interesse in Bezug auf Radon, da sich eine vergleichbar hohe Strahlendosis für diese Organe wie für die Lunge ergibt. In der Wismut-Studie sind bis 2003 insgesamt 177 solche Sterbefälle aufgetreten. Dies erlaubte erstmals eine detaillierte Untersuchung des Expositions-Wirkungs-Zusammenhangs mit Radon. Es zeigte sich mit steigender Gesamtradonbelastung eine statistisch signifikante Erhöhung im Sterberisiko für Tumore der oberen Luftwege (siehe Abbildung oben). Das ERR/WLM liegt mit 0,062 % (95 % KI: 0,002 % - 0,122 %) um etwa zwei Drittel niedriger als das für Lungenkrebs. Aufgrund der geringen Anzahl von Krebsfällen zeigten sich in den einzelnen Expositions-kategorien keine signifikanten Erhöhungen.

#### Ergebnisse zum radonbedingten Risiko für Tumore des Nicht-Atemtrakts

Insgesamt sind im Beobachtungszeitraum 1946 bis 2003 3.180 Sterbefälle an Tumoren des Nicht-Atemtrakts aufgetreten. Zu den fünf häufigsten zählten Tumore des Magens (n = 595), des Dickdarms (n = 301), der Prostata (n = 264), des Mastdarms (n = 241) und der Blase (n = 177). Für die Mehrheit der betrachteten 14 einzelnen Tumorlokalisationen wurde ein erhöhtes zusätzliches relatives Risiko pro WLM beobachtet. Die höchsten radonbedingten Risiken (ERR/WLM) fanden sich bei Tumoren der Leber, des Lymphsystems, des Mastdarms (Rektum) und des Magens. Insgesamt war aber keine der beobachteten Risikoerhöhungen statistisch signifikant. Daher können diese auch zufallsbedingt sein.

**Ergebnisse zum radonbedingten Risiko für Herz-Kreislaufsterbefälle**  
In der Kohorte traten 7.395 Sterbefälle an Herz-Kreislauf-erkrankungen auf, darunter 5.141 Herzerkrankungen

und 1.742 cerebrovasculäre Erkrankungen ("Gefäß-erkrankungen des Gehirns"). Für alle drei Gruppen konnte kein Zusammenhang mit der Gesamtradonbelastung festgestellt werden.

#### Ausblick

Die Daten der Wismut-Kohorte werden in Zukunft für interessierte Wissenschaftler geöffnet werden. Informationen, wie man einen Antrag für eine zu bearbeitende Fragestellung stellt, sind auf der Webseite des BfS (<http://www.bfs.de/en/bfs/forschung/Wismut>) zu finden.

## GRUNDSÄTZE DER WEITERENTWICKLUNG DES STRAHLENSCHUTZES

Basic Requirements for the Development of Standards for Radiological Protection

Ansprechpartner:

Wolfgang Weiss (030 18333-2100)  
Gerald Kirchner (030 18333-4100)

*The standards of radiological protection are based on the state of science. Regular assessments of this state are available at international level (UNSCEAR<sup>1</sup>, ICRP<sup>2</sup>, ICNIRP<sup>3</sup>, WHO<sup>4</sup>, IAEA<sup>5</sup>; EC<sup>6</sup>). For ionizing radiation such an assessment process was initiated in 2000. BfS has developed a paper which summarizes its position in key issues and parameters of standards for the protection of the public and at the workplace against the risks of ionizing and non-ionizing radiation.*

Es entspricht dem Grundverständnis des BfS, die ihm übertragenen Aufgaben nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu erledigen. Dies setzt voraus, dass die Grundlagen des Handelns einer regelmäßigen Überprüfung unterzogen werden. Im Strahlenschutz erfolgt dies durch wissenschaftliche Gremien, insbesondere das Komitee der Vereinten Nationen, UNSCEAR, die Internationale Strahlenschutzkommission, ICRP, die Internationale Kommission für Nichtionisierende Strahlung, ICNIRP, die Weltgesundheitsorganisation, WHO, die Internationale Atomenergieagentur, IAEA, und die Europäische Kommission. Ein entsprechender Überprüfungszyklus wurde zu Beginn des 21. Jahrhunderts eingeleitet. Er wird im Bereich der ionisierenden Strahlung in den nächsten Jahren zu einer Überarbeitung der Grundnormen für den Strahlenschutz durch die IAEA und die Europäische Kommission (EC) führen.

Das BfS hat in den letzten Jahren eigenständige Positionen zum Strahlenschutz entwickelt (*Grundsätze des BfS für die weitere Entwicklung des Strahlenschutzes* unter

<sup>1</sup> United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation  
<sup>2</sup> International Commission on Radiological Protection  
<sup>3</sup> International Commission on Non-ionizing Radiation Protection  
<sup>4</sup> World Health Organization  
<sup>5</sup> International Atomic Energy Agency  
<sup>6</sup> European Commission

[http://www.bfs.de/de/bfs/fue\\_beitraege/grundsaeetze\\_strahlenschutz.pdf](http://www.bfs.de/de/bfs/fue_beitraege/grundsaeetze_strahlenschutz.pdf)). Diese berücksichtigen sowohl fachliche Fragen des Strahlenschutzes als auch ethische Prinzipien und gesellschaftliche Wertvorstellungen darüber, welche Güter zu schützen sind, welches Schutzniveau erreicht oder gewährleistet werden soll und wie Vorsorge- und Schutzmaßnahmen konkret auszugestalten sind. Wo erforderlich gehen die Grundsätze des BfS bewusst über die fachlichen Positionierungen der o. a. internationalen Gremien hinaus und berücksichtigen spezielle nationale Belange.

Ziel dieser fachlichen Positionierung des BfS ist es zum einen, Transparenz zu schaffen über die Grundlagen des eigenen Handelns. Zum andern dient sie als Leitlinie für das Vertreten von Fachpositionen zum Strahlenschutz in nationalen und internationalen Gremien sowie gegenüber der Öffentlichkeit.

Es werden zunächst die Grundprinzipien des Strahlenschutzes beschrieben, die Rechtfertigung, die Dosisbegrenzung und die Optimierung. Bei der praktischen Umsetzung des Prinzips der Rechtfertigung muss stärker als bisher berücksichtigt werden, dass diese einen aktiven Prozess der Abwägung zwischen Handlungsoptionen voraussetzt. Der Verweis auf niedrige Strahlenbelastungen allein ist kein hinreichender Grund für die Rechtfertigung einer Anwendung. Es bedarf weiterer Anstrengungen, um die Rechtfertigung einer bestimmten Anwendung ionisierender Strahlung oder radioaktiver Stoffe in der Diagnostik oder der Therapie sowie bei Früherkennungsprogrammen zu etablieren. Bei der Dosisbegrenzung liegt besonderes Augenmerk auf den Strahlendosen durch natürliche Quellen oder aus Hinterlassenschaften ehemaliger Tätigkeiten. Ein Beispiel ist Radon (vgl. auch den Beitrag zu Radon). Die Dosisbegrenzung erfolgt in diesen Fällen durch Maßnahmen- und Zielwerte. Das Gebot der Optimierung ist nicht als De-Minimis-Prinzip zu verstehen. D. h. das Ziel der Optimierung ist nicht ausschließlich das Erreichen niedrigster Dosiswerte sondern die Abwägung zwischen der erzielbaren Absenkung von Dosiswerten unter Berücksichtigung des damit verbundenen Aufwands und der sonstigen Risiken. Vielmehr geht es um das Erzielen des Optimums unter Beachtung planerischer und sonstiger Rahmenbedingungen. Der Prozess der Optimierung muss nachvollziehbar und transparent sein. Dies ist in vielen Fällen leider noch immer nicht in dem erforderlichen Maße der Fall.

Die BfS-Grundsätze enthalten auch eine Positionierung in wichtigen Einzelfragen des Strahlenschutzes wie z. B. zum Dosis- und Dosisleistungs-Effektivitätsfaktor (DDREF). Die BfS Positionierung weicht in diesem Fall von der ICRP-Position (Publikation 103) ab. Nach Auffassung des BfS unterscheiden sich die gesundheitlichen Risiken nach kurzzeitiger Strahlenbelastung nicht von denen nach chronischer Strahlenbelastung.

Großen Handlungsbedarf im Bereich nationaler Standardsetzung sieht das BfS nach wie vor bei der nichtionisierenden Strahlung (NIR, u. a. niederfrequente elektro-

magnetische Strahlung der Stromversorgung und hochfrequente elektromagnetische Strahlung, wie sie z. B. im Mobilfunk eingesetzt wird). Hier fehlt es zum einen an einem fachlichen Konsens bezüglich des Erfordernisses zur Anwendung der drei Strahlenschutzgrundsätze. Ein Dosisbegriff existiert hier nur ansatzweise. Bisher ist lediglich ein Teilbereich des Strahlenschutzes zu NIR im Gesetz zum Schutz vor nichtionisierenden Strahlen (NiSG) geregelt. Dort sind allerdings nicht alle Lebensbereiche erfasst, z. B. nicht der Arbeitsschutz. Die zukünftigen Regelungen sollen nach Auffassung des BfS unabhängig vom Anwendungsbereich der Quellen sein und sich nicht nur auf bestimmte Anlagen und Anwendungen beziehen. Die im NiSG ermächtigten Verordnungen, insbesondere zu den Anwendungen von nichtionisierender Strahlung am Menschen, und die Verordnung zum Schutz vor UV-Strahlung werden derzeit erarbeitet (vgl. Beitrag zu Solarien und solares UV). Im Bereich der nichtionisierenden Strahlung sind auch noch viele Fragen zu den Wirkungsmechanismen und den Risiken offen. Diese Wissenslücken werden durch gezielte Forschung im Rahmen des UFOPLANs (vgl. Beitrag zu Ressortforschungsvorhaben: „Untersuchung des Zusammenwirkens von UV- und Infrarot-Strahlung bei der Hautalterung und Krebsentstehung“) geschlossen.

Zu den „speziellen Anwendungsgebieten“ zählen insbesondere die Freigabe, die Begrenzung der Strahlenbelastung durch Radon in Gebäuden, durch Radionuklide im Trinkwasser sowie durch medizinische Strahlenanwendungen. Einzelheiten sind den Fachbeiträgen zu Radon und zu Freigrenzen sowie den Beiträgen zu Ressortforschungsvorhaben „Radonexhalation von Baustoffen“, „Strahlenexposition durch Röntgenuntersuchungen“ und „Aktualisierung der diagnostischen Referenzwerte in der Röntgendiagnostik“ in diesem Jahresbericht zu entnehmen.

Die Grundsätze des BfS beinhalten zwei Themenbereiche, die über den klassischen Strahlenschutz hinausgehen: die Anwendung „risikobasierter Bewertungsverfahren“ und die „Vorsorge“.

Ein risikobasiertes Bewertungsverfahren baut auf der Festlegung des Risikos auf, das die Gesellschaft bereit ist, als Konsequenz ihres Handelns selbst hinzunehmen und unbeteiligten Dritten zuzumuten. Der Vorteil eines solchen Verfahrens ist, dass es weitgehend unabhängig vom aktuellen naturwissenschaftlichen Erkenntnistand ist. Dies ist z. B. bei der Normierung der Sicherheitsanforderungen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle von besonderer Bedeutung.

Der verantwortungsvolle Umgang mit Risiken für Umwelt und Gesundheit setzt ganz allgemein voraus, dass neben die Abwehr konkreter Gefahren durch Verbots- und Schutzmaßnahmen das Prinzip der Vorsorge als eigenständige Maßnahme hinzutreten muss. Dies gilt gleichermaßen für die gesundheitlichen Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung. Die Vorsorge sollte nach Auffassung des BfS in den einschlägigen

rechtlichen Regelungen als Strahlenschutzprinzip verankert werden. Insbesondere sollten für Kinder und Jugendliche Vorsorgeprogramme gegen die Risiken der UV-Strahlung der Sonne realisiert werden, die Bewusstsein über die Risiken des UV erzeugen und Anleitungen zu einem verantwortungsvollen Umgang mit deren Risiken bei unkontrolliertem Sonnenbaden geben (vgl. hierzu auch den Beitrag „Solarien und solares UV“). Das inzwischen gesetzlich verankerte Solarienverbot für Jugendliche unter 18 Jahren ist ein wichtiger Bestandteil der Strategie des BfS zum Verbraucherschutz.

## 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 major results of the KiKK study were presented in detail in the annual report of BfS 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 has 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 Commission on Radiological Protection. Both evaluations concluded that the study was conducted according to the "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. Due to the still unresolved issue of causation, BfS is in progress of developing a research agenda which will put emphasis on the investigation of the causes of childhood leukaemia, which of course has to be done in a multidisciplinary fashion. Research has to focus on gene-environment interaction and has to take into account other possible environmental carcinogens, too, not only ionizing radiation, e. g. non-ionizing radiation or pesticides.*

Im Jahre 2007 (s. BfS-Jahresbericht 2007) wurden die Ergebnisse der KiKK-Studie vorgestellt, die für intensive Diskussionen sowohl unter Fachleuten als auch in der interessierten Öffentlichkeit gesorgt haben. In diesem Jahresbericht werden die Ergebnisse noch einmal kurz zusammengefasst und es wird auf die Stellungnahme der SSK eingegangen (s. Jahresbericht 2008). Anschließend werden die fachliche Einschätzung durch das BfS ([http://www.bfs.de/de/kerntechnik/kinderkrebs/stellungnahme\\_kikk.html](http://www.bfs.de/de/kerntechnik/kinderkrebs/stellungnahme_kikk.html)) sowie die sich daraus ergebenden weitergehenden Aktivitäten dargestellt.

### Ergebnisse der KiKK-Studie

In der KiKK-Studie wurden die Fragestellungen untersucht,

- ob Krebserkrankungen bei Kindern unter 5 Jahren in der Umgebung von Kernkraftwerken häufiger auftreten,
- ob das Risiko mit der Nähe zum Standort des nächstgelegenen Kernkraftwerks zunimmt,
- ob es gegebenenfalls Einflussfaktoren gibt, die ein gefundenes Ergebnis erklären könnten.

Fragestellung, Durchführung der Studie und Art der Auswertung waren vor Studienbeginn weitgehend zwischen BfS, dem Deutschen Kinderkrebsregister (DKKR) und dem studienbegleitenden Expertengremium vereinbart und festgelegt worden.

Die KiKK-Studie kommt zum Ergebnis, dass für den Zeitraum 1980 - 2003 in der Umgebung von 16 Standorten mit insgesamt 22 Kernkraftwerken in Deutschland Krebserkrankungen bei Kindern unter 5 Jahren häufiger auftreten. Der Risikoanstieg ist wesentlich bei Leukämien festzustellen. Im Nahbereich von Kernkraftwerken wurde für alle Krebserkrankungen zusammen betrachtet ein Risikoanstieg um etwa 60 % und für Leukämien eine Verdoppelung des Erkrankungsrisikos, d. h. ein Risikoanstieg um etwa 100 % beobachtet. Dieses Risiko ist für alle Krebserkrankungen und für Leukämien im Besonderen statistisch signifikant erhöht. Da Krebserkrankungen bei Kindern relativ selten sind, ist der Risikoanstieg absolut betrachtet aber zahlenmäßig gering. So kommt es im 5-km-Umkreis um alle untersuchten Reaktorstandorte zu etwa einem zusätzlichen Erkrankungsfall pro Jahr. Vergleicht man hingegen die zu erwartenden Erkrankungszahlen mit den tatsächlich beobachteten, so sind im 5-km-Umkreis von 77 der beobachteten Erkrankungsfälle für Krebs insgesamt 29 der Nähe zum Kernkraftwerk zuzuordnen. Für Leukämien lauten die Zahlen: Von 37 beobachteten Erkrankungsfällen sind 20 auf die Nähe zum Kernkraftwerk zurückzuführen.

### Studienansatz und Studiengröße der KiKK-Studie (Zahlenangaben für Leukämien)

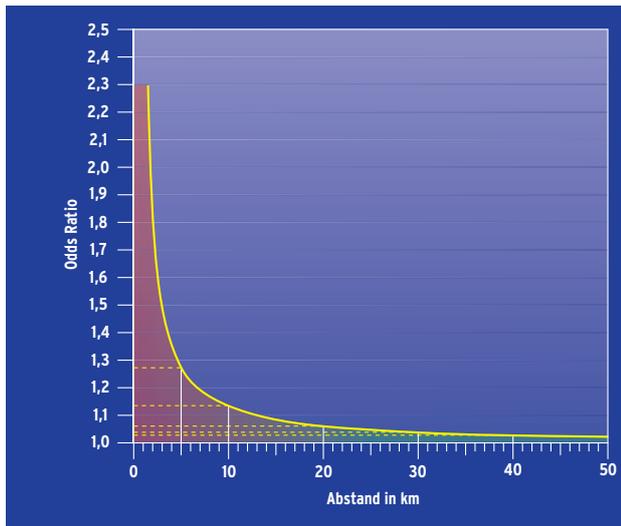
2 Fall-Kontroll-Studien

#### ohne Befragung (Teil 1)

- alle Tumorfälle bei Kindern unter 5 Jahren in 41 Landkreisen in der Umgebung der 16 Standorte von Leistungsreaktoren in (West-) Deutschland (Leukämien: 593 Fälle und 1.766 Kontrollen)

#### mit Befragung (Teil 2)

- zusätzlich Befragung für eine Untergruppe aus Teil 1, um evtl. Confounder finden zu können, die den Befund aus Teil 1 erklären können (Leukämien: 243 Fälle und 604 Kontrollen)



**Risiko für Krebserkrankungen bei unter 5 Jahre alten Kindern, abhängig vom Abstand des Wohnortes zum Kernkraftwerksstandort. Das Maß für das Risiko aus einer Fall-Kontroll-Studie ist das sog. Odds Ratio. Bei einem Odds Ratio von 1,0 entspricht die beobachtete Zahl der Erkrankungen der erwarteten Zahl. Ein Odds Ratio von 1,1 entspricht einem um 10 % erhöhten Risiko, eines von 1,2 einer Erhöhung um 20 %. Eine Risikoverdopplung wird durch ein Odds Ratio von 2,0 angezeigt.**

Die KiKK-Studie kommt weiterhin zu dem Ergebnis, dass je näher ein unter 5 Jahre altes Kind zum nächstgelegenen Kernkraftwerksstandort wohnt, desto höher sein zusätzliches Risiko ist, an Krebs oder Leukämie zu erkranken. Diese Abstandsabhängigkeit des Erkrankungsrisikos wurde für Krebs insgesamt und für Leukämien gefunden. Für beide Erkrankungsgruppen ist die Abstandsabhängigkeit statistisch signifikant.

#### **Die radioaktiven Abgaben aus den Reaktoren als alleinige Ursache unplausibel**

Die radioaktiven Abgaben der Leistungsreaktoren sind für den Fall, dass Strahlung durch Ableitung aus Kernkraftwerken allein als Verursacher in Frage kommt, um mindestens den Faktor 1.000 zu niedrig, um den Befund erklären zu können.

Es gibt auch keine anderen bekannten Risikofaktoren, die den Befund plausibel erklären könnten. In der KiKK-Studie wurde eine Vielzahl möglicher anderer Ursachen (z. B. soziale Schicht, Gebrauch von Pflanzenschutzmitteln, Beschäftigung eines Elternteils im Kernkraftwerk, Röntgen des Kindes) betrachtet. Bei diesem Teil war die Teilnahmebereitschaft an der Studie nah um die Kernkraftwerke gering, so dass er nur vorsichtig bewertet werden kann. Dieser Teil gibt aber keinen Hinweis darauf, dass einer der anderen untersuchten Faktoren das Ergebnis der KiKK-Studie wesentlich beeinflusst hätte.

#### **Stellungnahme der SSK zur KiKK-Studie**

Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hat nach der Veröffentlichung die Strahlenschutzkommission mit einer Bewertung der Studie beauftragt. Die Strahlenschutzkommission hat im September

2008 hierzu eine Stellungnahme abgegeben. Eine Begründung ihrer Stellungnahme legte die Strahlenschutzkommission im Februar 2009 der Fachöffentlichkeit vor. Die Bewertung der SSK kommt zu folgendem Schluss:

- Die SSK bestätigt inhaltlich die zentralen Punkte der KiKK-Studie. Sie stützt sich hier insbesondere auf die von ihr beauftragten externen Gutachter Darby und Read. Diese Auswertung zeigte, dass sich das erhöhte Risiko für Kinder unter 5 Jahren, an einer Leukämie zu erkranken, auf den Nahbereich der Reaktoren begrenzt.
- Die SSK bestätigt, dass die KiKK-Studie entsprechend den Grundsätzen der „Guten Epidemiologischen Praxis“ durchgeführt wurde.
- Die SSK kommt zu dem Schluss, dass der Risikoanstieg im Nahbereich der Kernkraftwerke nicht kausal mit der Radioaktivität im Zusammenhang steht, die von Kernkraftwerken emittiert wird.
- Die SSK schlägt weitere Untersuchungen vor.

Das BfS sieht die zentralen Aussagen seiner Bewertung der KiKK-Studie vom Dezember 2007 durch die fachlichen Aussagen der SSK im Bewertungs- und Begründungsband bestätigt. Das BfS teilt allerdings nicht die grundsätzliche Zurückweisung der radioaktiven Abgaben als möglich Ursache des beobachteten Risikoanstiegs durch das DKKR und die SSK. Die vollständige Bewertung der SSK sowie die Stellungnahme des BfS dazu können auf den Internet-Seiten des BfS abgerufen werden ([http://www.bfs.de/de/kerntechnik/kinderkrebs/Stellungnahme\\_SSK](http://www.bfs.de/de/kerntechnik/kinderkrebs/Stellungnahme_SSK)).

#### **Ergebnisse der Analyse des Befragungsteils der KiKK-Studie**

Im Jahre 2009 veröffentlichte das DKKR unabhängig von der Fragestellung der KiKK-Studie in der Fachzeitschrift 'Klinische Pädiatrie' die Analyse des 2. Teils der KiKK-Studie, in dem Befragungen der Eltern der erkrankten und der nicht erkrankten Kinder durchgeführt wurden. Die erfragten Faktoren hatten keinen Einfluss auf das Ergebnis der KiKK-Studie (s. weiter oben).

Da die Studiengröße des 2. Teils der KiKK-Studie kleiner war als die des 1. Teils, stand bereits von Studienbeginn an fest, dass dessen Auswertung eher explorativen und erklärenden Charakter haben würde.

Die Auswertung konnte dennoch bisheriges Wissen stützen. So zeigt sich ein risikomindernder Effekt bei frühen sozialen Kontakten des Kindes und ein das Risiko erhöhender Effekt bei einem Geburtsgewicht von über 4000 g. Andere in der Literatur berichtete Zusammenhänge, etwa ein risikomindernder Effekt von Allergien, konnten allerdings nicht reproduziert werden.

#### **Weiteres Vorgehen**

Das BfS sieht dringenden Handlungsbedarf zur weiteren Erforschung der Ursachen von Leukämien im Kindesalter, um einer Erklärung des Befundes der KiKK-Studie bzgl. des erhöhten Erkrankungsrisikos in der Nähe von Leistungsreaktoren näherzukommen. Zu diesem Zweck plant das BfS, 2010 eine Klausurtagung zur Entwicklung eines entsprechenden Forschungskonzeptes durchzuführen.

An dieser Klausurtagung sollen ausgewiesene Experten aus folgenden Wissenschaftsfeldern teilnehmen: Immunologie, hämatopoetische Stammzellforschung, Tiermodelle, Molekulargenetik, Virologie, Epidemiologie, pädiatrische Onkologie sowie Modellierung biologischer Prozesse. Um die Klausurtagung inhaltlich vorzubereiten, veranstaltete das BfS im Juli 2009 ein Fachgespräch mit pädiatrischen Onkologen, Immunologen und Zellphysiologen. Weiterhin nahmen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des BfS an Treffen zweier einschlägiger internationaler

Forschungskonsortien teil und stellten dort das Anliegen des BfS vor. Dies waren Treffen des CLIC- (Childhood Leukaemia International Consortium) und des I4C-Konsortiums (International Childhood Cancer Cohort Consortium). In Ergänzung wurde kurzfristig im Jahr 2009 ein UFOPLAN-Vorhaben zum Thema 'Untersuchung umweltbedingter genetischer Veränderungen im Zusammenhang mit der Entstehung von Leukämien im Kindesalter' in Auftrag gegeben, dessen Ergebnisse für 2010 erwartet werden.

# SCHUTZ VOR RADIOAKTIVITÄT IN DER UMWELT

Protection from Environmental Radioactivity

## AKTUELLE ENTWICKLUNGEN BEIM NOTFALLSCHUTZ UND DER UMWELTÜBERWACHUNG

Current Developments in Emergency Management and Environmental Monitoring

Ansprechpartner:

Erich Wirth (030 18333-6710)

*After the Chernobyl accident, the Integrated Measurement and Information System (IMIS) was developed for a continuous monitoring of the radioactivity in the environment and for a fast and reliable evaluation of the radiological situation in the case of an emergency. More than 70 national laboratories, data centres, offices and ministries have been integrated. The BfS is responsible for the operation of the system but also for its further development. In this contribution examples are presented how new measuring systems and advanced IT development are used to make IMIS more efficient, user-friendly and sustainable.*

Als eine Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl wurde das „Integrierte Mess- und Informationssystem“ (IMIS) aufgebaut, um die Umwelt kontinuierlich zu überwachen und in einem Ereignisfall die notwendigen Informationen zuverlässig und schnell bereitstellen zu können, die zur Beurteilung der Lage und für Entscheidungen über Schutzmaßnahmen notwendig sind. In IMIS sind mehr als 70 nationale Institutionen integriert, u. a. Messstellen, Datenzentralen, Behörden und Ministerien. Das BfS ist nicht nur für die Gesamtkoordination zuständig, sondern auch für die Weiterentwicklung des Systems verantwortlich.

In den letzten 15 Jahren wurde IMIS signifikant erweitert. Das Ortsdosisleistungsmessnetz (ODL) wurde integriert, die bundesweite Zentrale für das Entscheidungsmodell „RODOS“ eingerichtet, die Elektronische Lagedarstellung (ELAN) als Informationsplattform entwickelt und die Ergebnisse der Emissions- und Immissionsüberwachung von Kernkraftwerken eingebunden.

Neben den fachlichen Anforderungen entwickeln sich die Messtechnik und insbesondere die IT-Möglichkeiten rasant weiter. Das BfS hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Möglichkeiten intelligent zu nutzen, um das Gesamtsystem noch besser, effizienter und nutzerfreundlicher zu gestalten. Nachfolgend werden dazu fünf verschiedene Entwicklungsarbeiten in IMIS vorgestellt.

## Interaktiver Kartenserver für den Notfallschutz im BfS (GDI Notfallschutz)

Im BfS werden Mess- und Informationssysteme zur Umweltüberwachung sowie Entscheidungshilfesysteme zur raschen Ermittlung der radiologischen Lage nach einer unfallbedingten Kontamination der Umwelt betrieben:

- Das Messnetz zur flächendeckenden Ermittlung der Ortsdosisleistung (ODL-Messnetz).
- Das „Programmsystem zur Abschätzung und Begrenzung radiologischer Konsequenzen“ (PARK) zur Ermittlung der radiologischen Lage bei großräumiger Kontamination.
- Das im Rahmen der EU entwickelte „Real-time Online Decision Support System“ (RODOS) zur Ermitt-



Zusammenwirken der verschiedenen Notfallschutzsysteme in der Geodateninfrastruktur Notfallschutz

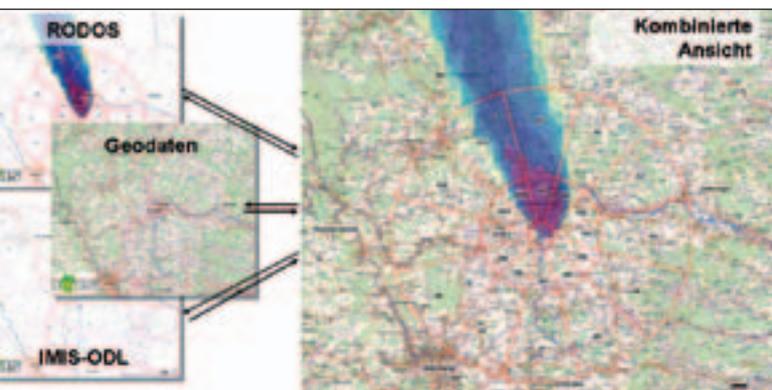
lung der radiologischen Lage in der näheren und weiteren Umgebung von kerntechnischen Anlagen.

In einem nuklearen Ereignisfall ist nicht nur eine sehr schnelle Lageermittlung, sondern auch eine angemessene, allgemein verständliche Darstellung der Kontamination der Umwelt und der Strahlenbelastung des Menschen unerlässlich. Die Darstellung der Mess- und Prognoseergebnisse erfolgt in Form von Übersichtskarten.

Kartendarstellungen sind in den einzelnen Teilsystemen IMIS, RODOS, PARK und ODL bereits möglich, jedoch wurden bisher verschiedene kartografische Programme verwendet, so dass gemeinsame Darstellungen bisher nicht möglich waren. Zur Vereinheitlichung wurde eine neue Geodateninfrastruktur (GDI) geschaffen, auf deren Basis umweltbezogene Mess- und Prognosedaten raum-, zeit- und inhaltsbezogen visualisiert werden können. Über einen so genannten Mapserver werden die Mess- oder Prognosedaten mit den Geodaten zusammengeführt. Der Vorteil ist dabei, dass die Ergebnisse der verschiedenen Notfallschutzsysteme über eine gemeinsame Plattform interaktiv dargestellt werden können.

Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft eine gemeinsame Darstellung von RODOS-Prognosen und ODL-Messwerten vor einem kartografischen Hintergrund.

Um Aussagen über die Kontamination der Umwelt für Orte treffen zu können, an denen keine Messwerte vorhanden sind, sind flächige Darstellungen von besonderer Bedeutung. Zur Erstellung von flächigen Kontaminationskarten müssen die als Punktdaten vorliegenden Messwerte interpoliert werden. Das BfS beteiligte sich deshalb am europäischen Forschungsvorhaben INTAMAP ([www.intamap.org](http://www.intamap.org)), in dem derartige Interpolationsverfahren entwickelt und automatisiert wurden. Sie stehen als Dienste, die über das Internet nutzbar sind, in IMIS zur Verfügung.



Zusammenspiel verschiedener Ebenen

Für das BfS ergeben sich mit dem technischen Ansatz eines GDI-Servers interessante und viel versprechende Anwendungsmöglichkeiten, die über den Notfallschutz hinausgehen. Fachbereichsübergreifend wurden bereits erste prototypische Anwendungsmöglichkeiten getestet.

## Erweiterte Anwendungsmöglichkeiten des Entscheidungshilfesystems RODOS im Rahmen des EU-Projekts EURANOS

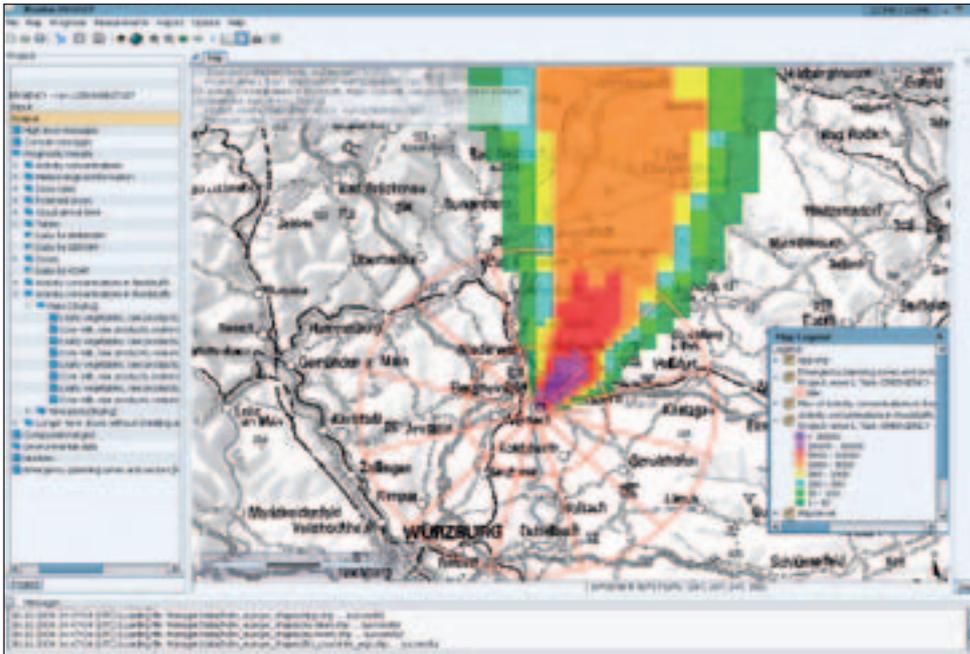
Bei einer unfallbedingten Freisetzung von Radionukliden muss die radiologische Lage erfasst und bewertet werden, um über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung entscheiden zu können. Zur Unterstützung dieser Prozesse wurde das Entscheidungshilfesystem RODOS (Real-Time Online Decision Support System) im Rahmen europäischer Forschungsprogramme (von 1990 - 2009) entwickelt. Es erlaubt die Berechnung von Kontaminationen der Umwelt und Strahlenbelastungen der Bevölkerung auf der Basis freigesetzter Radioaktivität und der meteorologischen Ausbreitungsbedingungen sowie die Simulation der Auswirkungen von Maßnahmen. RODOS ist derzeit als Entscheidungshilfemodell in etwa 15 Staaten installiert. Seit dem Jahr 2001 wird RODOS in Deutschland in der so genannten RODOS-Zentrale im Bundesamt für Strahlenschutz betrieben.

Ziel des integrierten EU-Projektes EURANOS (European Approach to Nuclear and Radiological Emergency Management and Rehabilitation Strategies), das vom April 2004 bis Juni 2009 lief und an dem mehr als fünfzig Institutionen aus ganz Europa teilnahmen, war es, RODOS auf der Basis der bisherigen Erfahrungen und unter Zugrundelegung der Erfordernisse eines Einsatzes in Notfallzentren zu bewerten und zu verbessern. Die Erfahrungen der deutschen RODOS-Zentrale seit Aufnahme ihres Betriebs flossen maßgeblich in die Überarbeitung von RODOS ein.

Als besonders problematisch stellten sich die Benutzeroberflächen des Systems im operativen Betrieb heraus. Diese erwiesen sich als wenig angepasst an die Arbeitsabläufe in einer Notfallzentrale. Um Abhilfe zu schaffen, wurde eine einfach zu bedienende Oberfläche RODOS-Lite entwickelt, die mit einem Minimum an Nutzereingaben auskommt und an die Erfordernisse des nuklearen Katastrophenschutzes, d. h. an die Frühphase eines kerntechnischen Unfalls bis kurz nach Ende der unfallbedingten Freisetzung, angepasst ist. Bei der Definition eines neuen Rechenlaufs wird der Nutzer Schritt für Schritt durch alle erforderlichen Fenster geführt.

Im zweiten Schritt wurde die gesamte Softwarearchitektur von RODOS einer Änderung und Erweiterung unterzogen. Die Konzeption entstand wiederum unter wesentlicher Beteiligung des BfS. Alle Funktionen können über eine einheitliche Oberfläche genutzt werden. Die im ersten Schritt entwickelte Oberfläche RODOS-Lite wurde vollständig in das neue sog. JRODOS integriert.

Ein Ziel der Entwicklung war, eine möglichst große Flexibilität in der zukünftigen Anwendung von RODOS zu erreichen, so z. B. die einfache Einbindung in andere im Notfallschutz verwendete Systeme über möglichst standardisierte Schnittstellen.



Prognose der maximal zu erwartenden Cäsium-Konzentration in Kuhmilch nach einem kerntechnischen Unfall

JRODOS erlaubt zusätzlich zu kartographischen Darstellungen der Ergebnisse auf einfache Weise die graphische und tabellarische Darstellung von Messwerten der Kernreaktorfernüberwachung, von meteorologischen Prognosen und von zeitlichen Verläufen von Ergebnissen. Es wurde die Möglichkeit geschaffen, externe GIS-Server anzubinden. Dies gestattet eine weitestgehende Flexibilisierung der kartographischen Nutzung der Ergebnisdaten (siehe Abb. oben, die topographische Hintergrundkarte wird von einem zentralen GIS-Datenserver im BfS geladen)

Mit einem neuen Berichtswerkzeug lassen sich in kürzester Zeit elektronische Berichte erstellen.

Mit dem Ende des Projekts EURANOS ist die Erweiterung des kompletten RODOS-Systems zwar noch nicht gänzlich abgeschlossen, die RODOS-Nutzer haben sich jedoch schon einheitlich dafür ausgesprochen, dass JRODOS die Version sein soll, die zukünftig in Notfallzentren zum Einsatz kommen soll.

## Die Harmonisierung der Ortsdosisleistungs-Daten auf europäischer Ebene

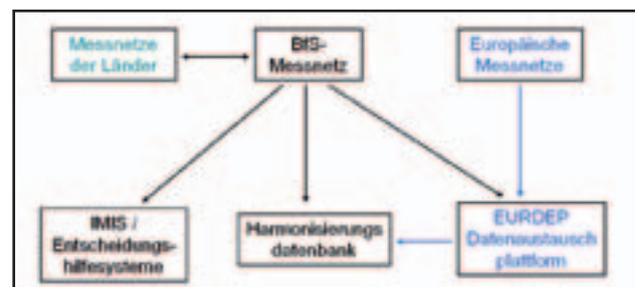
Messnetze zur kontinuierlichen Erfassung der Ortsdosisleistung (ODL) spielen eine wichtige Rolle bei der Überwachung der Umweltradioaktivität in nahezu allen europäischen Ländern. Seit über zehn Jahren werden deren Messdaten in Europa über EURDEP (European Radiological Data Exchange Platform, <http://eurdep.jrc.ec.europa.eu>) ausgetauscht.

Die Vergleichbarkeit der ODL-Messdaten unterschiedlicher Messnetze wird beeinträchtigt durch

- die Verwendung von Messsonden mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften sowie
- mangelnde Synchronisation der Messintervalle, der Messdatenübermittlung, der Nettodatenberechnung und der Setzung von Alarmierungsschwellen.

Die Charakterisierung der Messsonden erfolgt durch die European Radiation Dosimetry Group (EURADOS) u. a. durch kurzzeitige Messkampagnen. In Ergänzung dazu wurde eine Interkalibrationsplattform auf dem Schauinsland eingerichtet, um das Langzeitverhalten von

etwa 20 verschiedenen Sonden unterschiedlicher Bauart aus europäischen Ländern zu analysieren (INTERCAL). Mit den Ergebnissen lassen sich die Ergebnisse der terrestrischen ODL für ganz Europa normieren. Im Sinne der Transparenz werden die Ergebnisse der Langzeitmessungen und die Informationen zur Sondencharakteristik allen Teilnehmern der EURDEP-Plattform zugänglich gemacht.

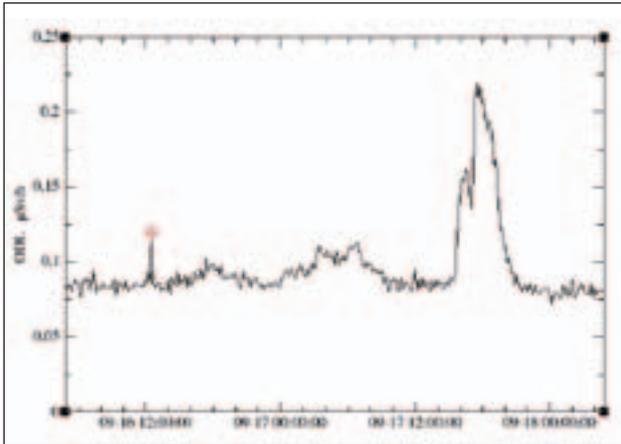


Vereinfachte schematische Darstellung der ODL-Messnetze und der zugehörigen Datenflüsse für ODL-Messdaten auf nationaler und internationaler Ebene

Zur Synchronisation der ODL-Daten auf europäischer Ebene wurden im Rahmen eines EU-Projekts Empfehlungen erarbeitet, wonach die Messdaten künftig lückenlos in Ein-Stunden-Intervallen vorliegen. Dazu wurde auf Initiative des BfS mit der Universität Basel eine so genannte Harmonisierungs-Applikation realisiert, die es erlaubt, die von EURDEP bereitgestellten ODL-Daten bezüglich der Ein-Stunden-Messintervalle zu synchronisieren.

In einem Ereignisfall müssen die ODL-Messdaten zeitnah für den Datenaustausch über EURDEP bereitgestellt werden. Derzeit gibt es in vielen nationalen Systemen noch keine Strategien zur Plausibilitätsprüfung der Messdaten.

Im Rahmen des multilateralen Datenaustausches der Ostseeanrainerstaaten (Council of Baltic Sea States, CBSS) wurden auf Expertentreffen unter Federführung des BfS zunächst die unterschiedlichen Ansätze der Prüfverfahren verglichen. Es hat sich dabei herausgestellt, dass eine Reihe von technisch bedingten Störungen durch eine Konsistenzprüfung der Rohdaten der ODL-Sonden erkennbar sind. Die Arbeitsgruppe hat ein entsprechendes automatisches Verfahren zur Konsistenzprüfung der Messwerte entwickelt und den EURDEP-Teilnehmern empfohlen, dieses Prüfverfahren vor der Bereitstellung der Messdaten zu nutzen.



Beispiel für die Zeitentwicklung der 10-Minuten-Werte der ODL einer Messstelle, bei der ein Messwert durch eine technische Störung beeinflusst wurde. Der markierte Wert wurde durch Prüftool mit dem Prüfstatus „unplausibel“ versehen. Alle übrigen Daten einschließlich der durch Regen erhöhten ODL-Werte wurden als „plausibel“ klassifiziert.

Für den Fall einer unfallbedingt erhöhten Umweltkontamination mit Radionukliden ist die Ableitung und Darstellung von "Netto-Daten" der ODL sinnvoll. Durch den Abzug des natürlichen Untergrunds von den Bruttodaten lässt sich die kontaminierte Fläche und die Höhe der zusätzlichen Strahlenbelastung sofort erkennen. Um die Vergleichbarkeit der Daten künftig zu verbessern, wurde ein einheitliches Verfahren zur Berechnung der Netto-ODL entwickelt.

Eine wesentliche Funktion des ODL-Messnetzes ist die Auslösung eines automatischen Alarms bei Überschreitung von Alarmierungsschwellen. Allerdings sind die Alarmierungsschwellen in den verschiedenen Ländern sehr unterschiedlich hoch gesetzt. In Deutschland erfolgt eine Alarmierung, sobald die natürliche ODL um etwa 30 % überschritten wird. In anderen Ländern gibt es fixe Werte bis zu 400 nSv/h. Es ist daher naheliegend, die den nationalen Systemen zugrundeliegenden Frühwarnverfahren der ODL-Messnetze anzugleichen. Auch hierzu ist ein abgestimmter Vorschlag unter der Federführung des BfS erarbeitet worden, der vorsieht, dass eine Frühwarnung dann ausgelöst wird, wenn ein Anstieg der Dosisleistung um mehr als 100 nSv/h über eine Stunde lang festgestellt wird.

## SPEKTROSKOPISCHE DETEKTOREN AUF RAUMTEMPERATURBASIS ZUR KÜNFTIGEN OPTIMIERUNG DER UMWELTÜBERWACHUNG

Spectrometric Systems Based on Room-temperature Detectors for the Future Optimization of Gamma Dose Rate Networks

Ansprechpartner:

Ulrich Stöhlker (030 18333-6730)

Since more than 2 decades ambient gamma dose rate (GDR) networks are used for the surveillance of the environmental radioactivity. In Germany 1.800 GDR stations are installed allowing to closely follow the radiological situation since measurements are performed every 10 minutes. GDR probes provide information about the gross dose rate at the installation site. Since the dose relevance of individual radionuclides to the human organism differs significantly, it is important for the dose assessment to know about the different radionuclides contributing to the gross dose rate. Nuclide specific activity concentrations can only be obtained using detection systems with gamma spectroscopic capabilities. For this purpose the German Weather Service (DWD) operates 37 fixed in-situ systems allowing to provide nuclide specific information during the passage of the contaminated plume. In addition BfS operates 6 mobile in-situ systems. Information about the radionuclides contributing to the gross gamma dose rate has to be obtained with high spatial resolution in the first 2 weeks after the passage of the cloud. BfS is supported by the federal states, which operate in total 17 mobile in-situ systems. Since most of the GDR probes have been operated since 10 years and even more, the next step in the modernization of the GDR network operated by BfS will be to renew the GDR probes. In this content a study was initiated about 5 years ago to develop probes with spectrometric capabilities adopted for the operation in a remote network under field conditions.

Zur großräumigen Überwachung der Umweltradioaktivität werden Ortsdosisleistungsmessnetze (ODL-Messnetze) seit mehr als 20 Jahren betrieben. In Deutschland besteht das Messnetz als Teil des Integrierten Mess- und Informationssystems (IMIS) aus ca. 1.800 Messstellen. Um die Ausbreitung einer radioaktiven Wolke quasi online zu verfolgen, werden bei einer unfallbedingten Freisetzung von Radionukliden die Daten alle 10 Minuten erhoben. Die zurzeit eingesetzten Geiger-Müller-Zähler liefern ein Maß für die Dosisbelastung infolge der integralen Gammastrahlung am Sondenstandort. Für Prognosen der zu erwartenden Strahlenexposition des Menschen ist es wichtig, nicht nur die aktuelle Höhe der externen Gammastrahlung, sondern auch den Beitrag einzelner Radionuklide zur Gesamtdosis zu kennen. Nuklidspezifische Information kann jedoch nur mit Hilfe spektrometrischer Systeme gewonnen werden. Um unmittelbar nach einem Störfall während der Wolkendurchzugsphase die Radionuklidzusammensetzung zu ermitteln, betreibt der DWD für das BfS in Deutschland ein Messnetz mit 37 stationären Gamma-Spektro-

metern. Vom BfS werden 6 und den Bundesländern 17 Fahrzeuge vorgehalten, die ebenfalls die Bodenkontamination mit Gamma-Spektrometern nuklidspezifisch bestimmen können. Nach Abschluss der Wolkendurchzugsphase sollen diese Fahrzeuge innerhalb von zwei Wochen In-situ-Messungen an jeder zweiten ODL-Messstelle durchführen.

Eine ODL-Messstelle besteht aus einem Detektor im Freien und einem Messwertsender, der in einem Gebäude installiert ist, die Messdaten verdichtet und an das BfS überträgt. Der Detektor besteht aus 2 Geiger-Müller-Zählrohren zur Abdeckung eines weiten Dosisbereichs von 10 nSv/h bis ca. 5 Sv/h.

Da die ODL-Sonden zum Teil älter als 10 Jahre sind, werden sie gegenwärtig sukzessive modernisiert. Dabei wurde die Idee entwickelt, statt Geiger-Müller-Zählrohren hochauflösende spektrometrische Systeme zu verwenden, um neben der ODL auch die nuklidspezifische Zusammensetzung der am Boden abgelagerten Radioaktivität parallel ermitteln zu können.

Der Nachteil hochauflösender Spektrometriesysteme ist die Tatsache, dass sie auf  $-200\text{ °C}$  gekühlt werden müssen, weshalb sie für den Einsatz im Freien nicht geeignet sind. Daher wurde vor 5 Jahren ein Projekt zur Entwicklung spektrometrischer Systeme initiiert, die bei Umgebungstemperatur einsatzbereit und darüber hinaus auch noch sehr kostengünstig sein sollen. Im Rahmen einer Kooperation mit der Universität Freiburg wurde ferner ein neuartiger Detektor entwickelt, der speziell auf die Anforderungen bei dem Betrieb in einem Messnetz abgestimmt ist und die geforderte Nachweisgrenze von  $1000\text{ Bq/m}^2$ , bezogen auf Cobalt-60, bei einer Messdauer von 30 Minuten erfüllt. Es handelt sich um einen Halbleiterdetektor auf Cadmium-Zink-Tellurid(CZT)-Basis, der wegen des hohen Eigenwiderstands bei Umgebungstemperatur betrieben werden kann, woraus sich der Begriff „Raumtemperatur-Detektor“ ableitet.



Abbildung des in Kooperation mit der Universität Freiburg entwickelten digitalen Vielkanalanalysators

Zur Realisierung einer spektroskopischen ODL-Sonde sind neben dem energieauflösenden Detektor noch ein Vielkanalanalysator und eine Auswertesoftware für die Analyse des Spektrums notwendig. Im Rahmen einer Kooperation mit der Universität Freiburg wurde ein digitaler Vielkanalanalysator entwickelt, der bei einem Preis von ca. 300 € funktional gleichwertig mit kommerziellen Systemen, sehr kompakt und wartungsfrei ist.

Während klassische ODL-Sonden alle 10 Minuten einen einzigen Messwert liefern, übertragen spektroskopische Sonden jeweils ein Spektrum mit 2.000 Kanälen. Damit ist die Software zur Aufnahme und Verarbeitung der nuklidspezifischen Daten sehr viel komplexer als bei Geiger-Müller-Detektoren. Für Auswertung der Spektren wurde ein Gamma-Analyse-Programms, das vor 15 Jahren gemeinsam mit der Universität Heidelberg geschrieben wurde, weiterentwickelt und unter LINUX in die ODL-Anwendungssoftware integriert.

Die ersten spektroskopischen ODL-Messstellen auf CZT-Basis sind bereits seit 3 Jahren dauerhaft im Freien in Betrieb. Zwar erfüllen diese Prototyp-Systeme noch nicht alle Anforderungen, doch zeigen sie sich als sehr umwelttauglich.

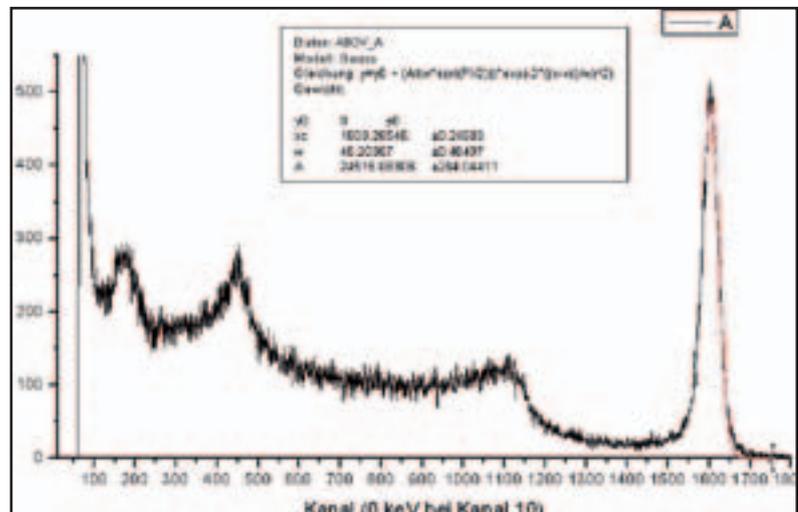
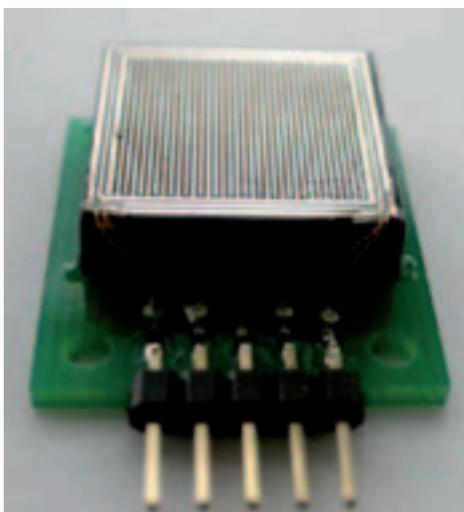


Abbildung des in Kooperation mit der Universität Freiburg entwickelten Cadmium-Zink-Tellurid-Detektors mit der Coplanar-Grid-Elektrode (links) und ein mit diesem Detektor gemessenes Spektrum einer Cs-137-Quelle (rechts)

## BIOLOGISCHE DOSIMETRIE IN EUROPA: KAPAZITÄTEN UND MÖGLICHKEITEN

Biological Dosimetry in Europe: Capacity and Potential

Ansprechpartner:

Horst Romm (030 18333-2214)

*Biological dosimetry based on cytogenetic alterations is widely used for dose reconstruction after unclear radiation exposure and is basically applied for individual dose assessment. Over the past years, a new challenge has emerged in form of radiation accidents of different scales potentially involving large numbers of exposed persons. An important question is how well European Union (EU) Member States are prepared to cope with mass radiological casualties. A survey to establish the current status of biological dosimetry across the EU (TENEB) was carried out with the aim of assessing the capacity to deliver data from biological dosimetry for emergency scenarios. Information was sought from the radiation protection authorities of the 27 EU Member States plus Switzerland and Norway. It could be demonstrated, that biological dosimetry is established in 15 EU countries, with a total capacity for dosimetric triage mode of about 1.500 cases per week analysed with the dicentric assay or about 900 cases analysed with the micronucleus assay. Although these numbers appear encouraging, there is not much collaboration between the laboratories yet and the establishment of a network at the EU level is highly recommended.*

Ionisierende Strahlung hinterlässt in bestimmten Zellen des Blutes, den Lymphozyten, einen bleibenden Schaden an der Erbsubstanz, der DNA. Dieser Schaden ist mit verschiedenen zytogenetischen Methoden nachweisbar und kann Auskunft über die Höhe der erhaltenen Strahlendosis geben. Eine Dosisrekonstruktion mit Hilfe solcher biologischer Parameter wird als biologische Dosimetrie bezeichnet. Das Einsatzgebiet der biologischen Dosimetrie umfasst sowohl die genauere individuelle Dosisrekonstruktionen als auch die schnelle grobe Dosisabschätzung im Falle eines

Strahlenunfalls mit einer großen Anzahl potenziell exponierter Personen.

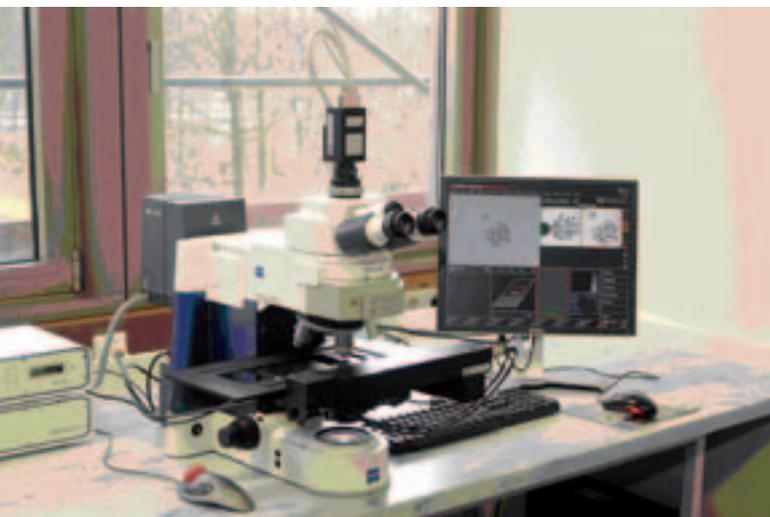
Aufgrund der allgemeinen sicherheitspolitischen Lage besteht die Notwendigkeit, Vorsorge für einen großen radiologischen Unfall oder einen Terroranschlag zu treffen. Als Unfallopfer kommen einerseits Teile der Bevölkerung in Frage, andererseits Einsatzkräfte wie Feuerwehr- und andere Rettungskräfte, Polizei oder spezialisierte Sondereinsatzkräfte.

Abhängig von Art und Ursache eines Ereignisses kann die Zahl der betroffenen Menschen von einigen wenigen bis zu mehreren hundert oder tausend Personen schwanken. Es hat sich gezeigt, dass selbst bei örtlich begrenzten radiologischen Situationen die Messkapazitäten einzelner Staaten schnell ausgeschöpft sind. Dies gilt auch für die biologische Dosisabschätzung. Eine grenzüberschreitende Vernetzung entsprechend agierender Einrichtungen zur gegenseitigen Unterstützung im Notfall könnte hier den Probendurchsatz erheblich steigern.

Um im Vorfeld abzuklären, inwieweit Mitgliedstaaten der Europäischen Union eine biologische Dosisrekonstruktion durchführen können, finanzierte die Europäische Kommission die Machbarkeitsstudie „Towards a European Network of Excellence in Biological Dosimetry“ (TENEB). Ziel war es, die Funktionsfähigkeit eines potenziellen europäischen „Network of Excellence (NoE)“ in biologischer Dosimetrie bei einem großen Strahlenunfall zu bewerten.

### Biologische Dosimetrie

Unter biologischer Dosimetrie versteht man die Ermittlung einer vermuteten Belastung durch ionisierende Strahlung mit Hilfe biologischer Endpunkte. Anerkannt und weltweit eingesetzt werden dizentrische Chromosomen, symmetrische Translokationen und Mikrokerne. Gegenwärtig ist besonders die Analyse dizentrischer Chromosomen die am besten etablierte Methode zur individuellen Dosisermittlung. Dies liegt daran, dass dizentrische Chromosomen typische Marker für ionisierende Strahlung darstellen und eine sehr niedrige spontane Häufigkeit in der Bevölkerung aufweisen. Zudem beeinflussen umweltbedingte Faktoren („Lifestylefaktoren“) wie Zigarettenrauch oder Alkoholkonsum die Häufigkeit von dizentrischen Chromosomen nur geringfügig. Ausgangspunkt für die Chromosomenanalysen sind Lymphozyten (weiße Blutkörperchen), die aus einer leicht zugänglichen Blutprobe gewonnen werden. Die Analyse dizentrischer Chromosomen kommt bevorzugt nach einer vermuteten Strahlenexposition, die nicht länger als wenige Monate zurückliegt, zum Einsatz. Für spezielle Fragestellungen, z. B. den Nachweis einer länger zurückliegenden Strahlenbelastung oder einer extrem hohen Strahlendosis, kommen weitere, speziell dafür geeignete Methoden zum Einsatz.



Auswerteeinheit für die Biologische Dosimetrie

Unter Federführung des BfS wurden alle Strahlenschutzbehörden in den 27 Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft einschließlich der Schweiz und Norwegens angeschrieben. Die Sichtung der Rückläufe und deren Zusammenfassung erfolgte ebenfalls durch das BfS. Die Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt.

In 15 Ländern sind Methoden der biologischen Dosimetrie in zumeist einem Labor etabliert, lediglich in fünf Staaten gibt es zwei bis fünf entsprechende Einrichtungen. Prinzipiell werden dabei zwei unterschiedliche Zielsetzungen verfolgt. In der einen Gruppe wird biologische Dosimetrie als routinemäßige Serviceeinrichtung betrieben, in der zweiten weisen die Labore zwar entsprechende methodische Erfahrung auf, die Dosisrekonstruktion gehört jedoch nicht zu den Standardaufgaben. Insgesamt gibt es 24 einsatzfähige Laboratorien, 7 davon an Universitäten und 16 in staatlichen Einrichtungen. Ein Labor wird in einer militärischen Einrichtung betrieben.

Am häufigsten wird die biologische Dosimetrie auf Basis der Analyse dizentrischer Chromosomen durchgeführt. Diese Methode ist in 21 Laboren etabliert. Hochgerechnet können diese Labore gemeinsam etwa 1.500 Proben pro Woche im Triage Modus (grobe Einteilung der betroffenen Personen) analysieren. Für die individuelle Analyse im normalen Auswertemodus, d. h. mit höherer Präzision, können insgesamt bis zu 200 Personen pro Woche untersucht werden. Der Kleinkerntest ist in 15 Laboren etabliert, dies ergibt in etwa eine Analysekapazität von 900 Personen pro Woche.

Der dizentrische Test und der Kleinkerntest besitzen das breiteste Anwendungsprofil. Daneben ist in 17 Laboren die FISH-Methode (Fluorescence in-situ Hybridisation) zur Erfassung von symmetrischen Translokationen und in 9 Laboren der PCC-Test (Premature Chromosome Condensation) etabliert. Die meisten Labore haben die Absicht zum Ausdruck gebracht, ihr Spektrum an Testsystemen zu erweitern.

Für die Dosisabschätzung im Falle eines großen Strahlenunfalls ist eine Kalibrierkurve für Gammastrahlung besonders wichtig. In 17 Laboren sind entsprechende Kurven für den dizentrischen Test kalibriert, in 10 davon für Röntgenstrahlung. Zusätzlich besitzt eine kleine Anzahl an Laboren auch Kalibrierkurven für weitere Strahlenqualitäten (Alpha, Neutronen). Für den Kleinkerntest sind 9 von 15 Labore für Gammastrahlung kalibriert und 9 für Röntgenstrahlung, in sechs Laboren liegen beide Kurven vor. Drei Labore haben keine eigenen Kalibrierkurven.

Von 27 Mitgliedsstaaten der EU sehen 18 Länder die Notwendigkeit für die eigene Bereitstellung der biologischen Dosimetrie als gegeben. 15 Staaten haben bereits funktionale Labore etabliert. Die meisten Labore sind in Notfallpläne eingebunden und führen regelmäßig individuelle Dosisabschätzungen durch. Über einen Zeitraum von mehreren Jahren hat sich bereits eine gute Zusammenarbeit zwischen einigen Einrichtungen entwi-

ckelt. Einige zytogenetische Labore (BfS, HPA und IRSN, s. BfS Jahresbericht 2005) haben die Notwendigkeit für eine Vernetzung bereits erkannt und mit formalen Einverständniserklärungen die gegenseitige Unterstützung bei einem großen Strahlenunfall vereinbart. Weiterhin werden derzeit auch auf nationaler Ebene in Deutschland (BfS), Frankreich und Spanien Biodosimetrie-Netzwerke aufgebaut.

Es hat sich gezeigt, dass es eine gute Grundlage für den Ausbau eines europäischen „Network of Excellence in Biological Dosimetry“ gibt. Eine Vernetzung auf europäischer Ebene bietet die Möglichkeit, die vorhandenen Ressourcen zu vergrößern, zu harmonisieren und somit die Leistungsfähigkeit zu steigern. Eine solche Vernetzung wäre auch im Sinne der 18 führenden europäischen Strahlenschutzorganisationen, die bereits entsprechende Absichtserklärungen zur nachhaltigen Integration der Forschung auf dem Gebiet der biologischen Dosimetrie unterzeichnet haben.

## MIT DEM HUBSCHRAUBER AUF DER SUCHE NACH STRAHLENQUELLEN

Searching Radioactive Sources with Helicopters

Ansprechpartner:

Christopher Strobl (030 18333-2510)

*With helicopters equipped with high resolution gamma-spectrometry systems it is possible to monitor environmental radioactivity of large areas in a short time period. This offers an important tool for nuclear emergency management in case of accidental releases of radioactive material from a nuclear facility. In such a case aerial measurements provide detailed maps indicating the type and the magnitude of the radioactive contamination in the investigated areas.*

*To assure the quality of this method in Germany, several national and international exercises have been carried out during the last ten years. Their main focus lay on the improvement of the instrumentation, data handling, data analysis and interaction between different partners. In June 2009 the Aero Gamma Exercise "AGE09" took place in Munich with participants from France and Switzerland. Tasks included the localization and identification of hidden or mobile radioactive sources as well as the radioactive mapping of large areas. The exercise clearly showed the capacity of aero-gammasspectrometry.*

Der Einsatz von Strahlungsmesssystemen in Hubschraubern ist ein wichtiges Hilfsmittel zur schnellen, großräumigen und nuklidspezifischen Messung der Umweltradioaktivität nach einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen. So können beispielsweise nach einer unfall- oder terroristisch bedingten Kontamination (Ablagerung von radioaktiven Stoffen in der Umwelt) sehr schnell detaillierte Kontaminationskarten erstellt und gefährdete Gebiete lokalisiert werden. Ferner kann die Aero-Gammasspektrometrie auch zur Ermittlung von Strahlungsanomalien natürlicher Radionuklide infolge industrieller oder bergbaulicher Tätigkeiten so-



Mit Gammaskpektrometrie-Messsystemen ausgerüstete Hubschrauber aus der Schweiz (links unten), Frankreich (rechts unten) und Deutschland (oben) während der Messkampagne „AGE09“ in München

wie zum Aufspüren bzw. Lokalisieren von vagabundierenden hochradioaktiven Quellen eingesetzt werden.

Zur Umsetzung der oben angeführten Aufgaben arbeitet das Bundesamt für Strahlenschutz seit mittlerweile mehr als 20 Jahren eng mit der Bundespolizei zusammen und verfügt über jeweils zwei Messsysteme an den BfS-Standorten München und Berlin. Jedes dieser Systeme ist mit großvolumigen Natriumjodiddetektoren sowie einem hochauflösenden Halbleiterdetektor ausgerüstet (Abbil-

dung unten). Durch die räumliche Aufteilung auf zwei Standorte ist sichergestellt, dass jeder Ort in Deutschland innerhalb von fünf Stunden erreicht werden kann.

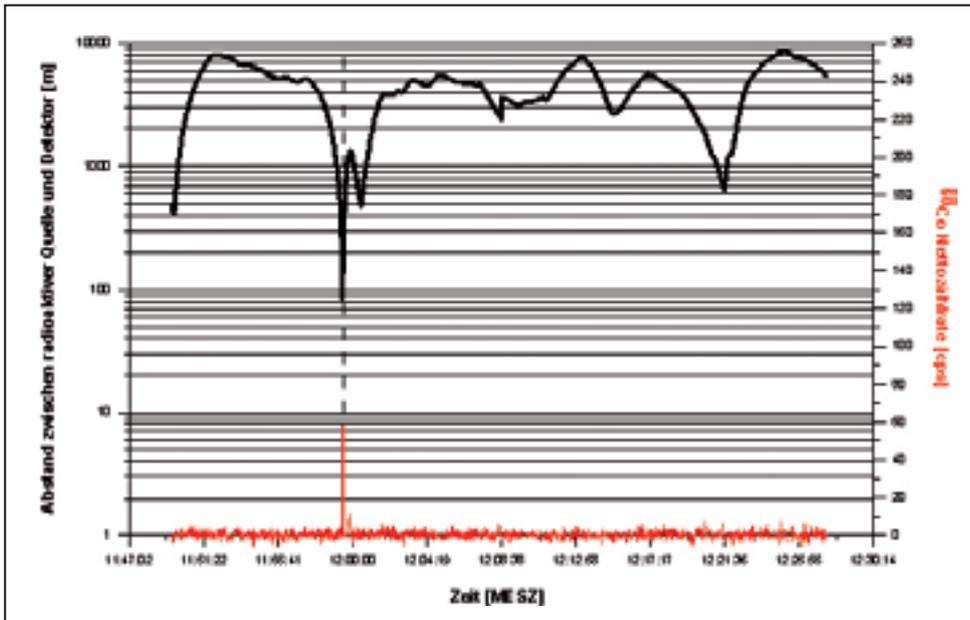
Zur Optimierung von Mess- und Auswerteverfahren sowie zur Sicherstellung der Einsatzbereitschaft, werden in jährlichem Abstand Messübungen mit praxisnahen Aufgabenstellungen durchgeführt. Dabei soll auch die Zusammenarbeit zwischen den Einsatzkräften der Bundespolizei und dem wissenschaftlich-technischen Personal des Bundesamtes geübt werden. Zusätzlich wurde ab dem Jahr 2000 die internationale Zusammenarbeit intensiviert, wobei insbesondere mit den Nachbarstaaten Frankreich und der Schweiz regelmäßige gemeinsame Übungen durchgeführt wurden. Im Rahmen dieser Kooperation fand nun im Zeitraum vom 20. bis 26. Juni 2009 im Raum München die Aero-Gammaskpektrometrie Übung „AGE09“ statt. Die wichtigsten Ergebnisse dieser vom Bundesamt für Strahlenschutz und der Bundespolizei veranstalteten und organisierten Übung sind im Folgenden kurz zusammengestellt.



Die in eine EC135 der Bundespolizei eingerüstete Messtechnik des Bundesamtes für Strahlenschutz

#### Auffinden mobiler radioaktiver Quellen

Eine Aufgabe der Hubschrauber-Messteams war es, zwei vom Bundesamt für Strahlenschutz mit radioaktiven Quellen bestückte Fahrzeuge aufzuspüren, die sich auf definierten Straßenabschnitten mit einer Gesamtlänge von etwa 40 km bewegten. Dabei sollte getestet werden, in wie weit hubschraubergestützte Messsysteme zur Lokalisierung illegaler Transporte von Gammastrahlern im Straßenverkehr eingesetzt werden können. In Abbildung auf Seite 59 oben links sind die Ergebnisse eines Messfluges des deutschen Messteams dargestellt. Die schwarze Kurve zeigt den



Vom deutschen Messteam ermittelte Co-60-Nettozählraten (rote Kurve) bei der Messaufgabe: „Suche und Identifikation von mobilen Quellen“. Ferner ist der anhand der GPS-Daten ermittelte Abstand zwischen der transportierten Quelle und dem Hubschrauber entlang des gesamten Messfluges dargestellt.

zeitlichen Verlauf des Abstandes des Hubschraubers von der 1 GBq starken Co-60-Quelle im PKW an (linke Skala), die rote Kurve gibt das Messsignal im Hubschrauber wieder (rechte Skala). Wie die Grafik zeigt, ist die Quelle bei der Annäherung des Hubschraubers auf etwa 100 Meter sehr deutlich zu identifizieren.

#### Auffinden versteckter radioaktiver Quellen

Hubschraubergestützte Messsysteme können auch zum Auffinden versteckter oder verloren gegangener radioaktiver Quellen verwendet werden. Im Rahmen der Übung „AGE09“ wurden daher auf einem etwa ein Quadratkilometer großen Suchgebiet mehrere radioaktive Quellen der Radionuklide Co-60, I-131 und Cs-137 (Abbildung unten) positioniert, die innerhalb einer Flugzeit von 45 Minuten und einer Mindestflughöhe von 50 Metern aufgespürt und quantitativ bestimmt werden sollten. Wie die Übung zeigte, sind Hubschrauber-Messsysteme vor allem zur Detektierung des Radionuklids Co-60 gut geeignet, da dieses Radionuklid in der Umwelt nicht vorhanden ist und zudem sehr hochenergetische Gammastrahlung aussendet. Darüber hinaus zeigte die Übung auch, dass zum Nachweis des vergleichsweise niederenergetischen Gammastrahlers I-131 niedrigere Flughöhen, Fluggeschwindigkeiten und geringere Bahnabstände einzuhalten sind.

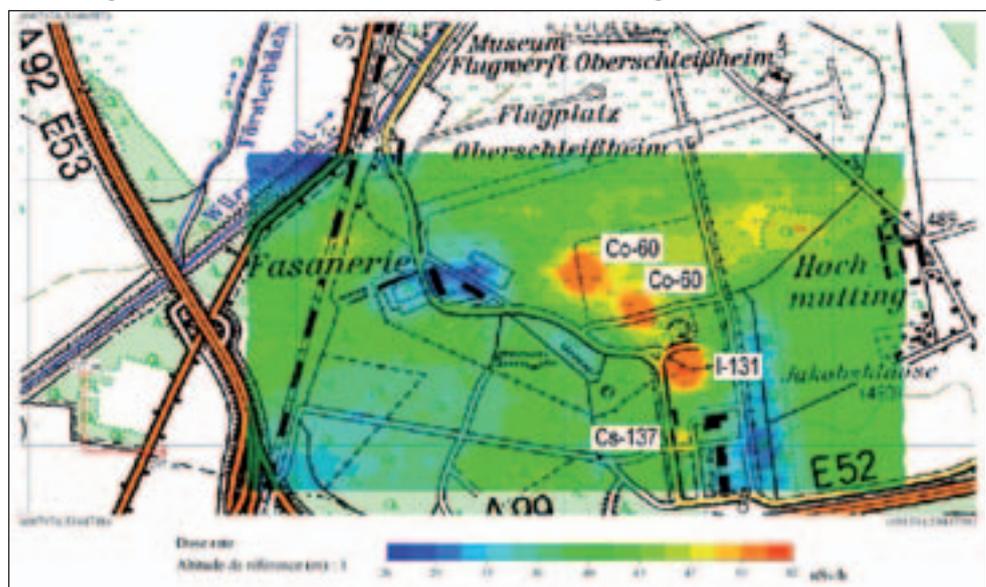
Trotz der schwierigen Randbedingungen wurde die ausgelegte I-131-Quelle von allen drei Messteams eindeutig identifiziert.

#### Großflächige Kartierung von natürlichen Strahlungsanomalien

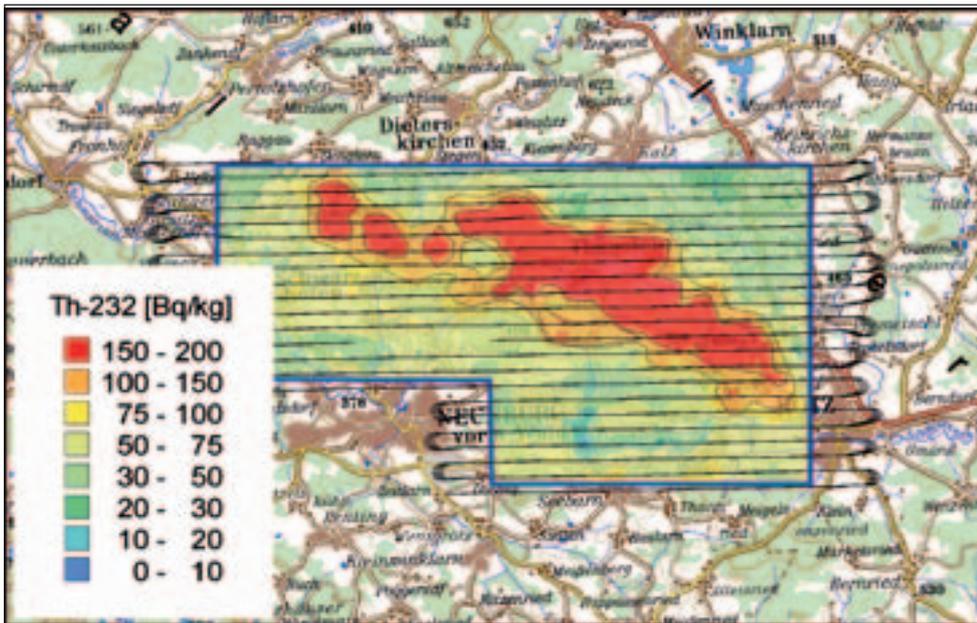
Ein weiteres Einsatzfeld hubschraubergestützter Messsysteme ist die schnelle und großflächige Kartierung von Kontaminationen oder natürlichen Strahlungsanomalien. Im Rahmen von „AGE09“ wurde von den Teilnehmern dazu ein etwa 90 Quadratkilometer großes Gebiet im Raum Neunburg v. Wald auf das natürliche Radionuklid Th-232 hin kartiert. Vorgegeben waren dabei

eine Einsatzzeit im Untersuchungsgebiet von nur 3 Stunden, eine Flughöhe von 100 m sowie ein Abstand zwischen den einzelnen Flugbahnen von 370 m.

In der Abbildung auf Seite 60 ist das Kartierungsergebnis des deutschen Messteams dargestellt. Das vorgegebene Kartierungsgebiet ist blau umrandet, die schwarzen Querlinien geben die in Ost-West-Richtung verlaufenden Flugbahnen wieder. Deutlich zu erkennen ist darüber hinaus ein Gebiet mit signifikant erhöhten massenbezogenen Aktivitäten des natürlichen Radionuklids Th-232. Um eine zeitnahe Fertigstellung der Kontaminationskarten sicher zu stellen, wurden die Messdaten von den Messteams kurz nach Beendigung der Messflüge im Untersuchungsgebiet an die Einsatzzentrale in München übermittelt. Die Kartierung des deutschen Messteams



Von den französischen Kollegen ermittelte räumliche Verteilung der Gamma-Ortsdosisleistung in einem Messgebiet, in dem sechs radioaktive Quellen ausgelegt worden waren



Vom deutschen Messteam ermittelte räumliche Verteilung der massenbezogenen Aktivitäten an Th-232 in einem Gebiet von 90 km<sup>2</sup> bei Neunburg vorm Wald.

konnte damit in einer Gesamtzeitdauer – gemessen ab dem Startzeitpunkt der Helikopter in München – von nur 5 Stunden abgeschlossen werden.

Die anhand der aufgenommenen Messspektren der beiden anderen Messteams ermittelten räumlichen Verteilungen von Th-232 im Untersuchungsgebiet sind mit der Verteilung des deutschen Messteams nahezu identisch. Auch die von den drei Messteams ermittelten spezifischen Aktivitäten an Th-232 weichen nur um maximal 30 % voneinander ab.

# SICHERHEIT IN DER KERNTÉCHNIK

Nuclear Safety

## MELDEPFLICHTIGE EREIGNISSE 2009 - TEIL DER BETRIEBSERFAHRUNGEN

Reportable Events 2009 as Part of Operating 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) is responsible for the registration, documentation and evaluation of reportable events in nuclear facilities. The BfS performs an initial assessment of the reported events and informs the involved nuclear authorities, the expert organisations, the manufacturers and the operators of nuclear power plants as well as the general public in quarterly and annual reports. These reports contain all reportable events in nuclear power plants, research reactors and other nuclear facilities. The assessment of the reportable events constitutes a vital part of an operations experience feedback for the federal supervisory activities. Below further information on the operations experience feedback and an overview of the reportable events of the last year based on the German reporting criteria are given.*

### Nationales und internationales Meldeverfahren

Störfälle und andere wesentliche Ereignisse in kerntechnischen Anlagen müssen von den Betreibern an die jeweils zuständigen Landesaufsichtsbehörden gemeldet werden. Grundlage ist die Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung (AtSMV) vom 14. Oktober 1992 (BGBl. I S. 1766).

Wesentliche Ziele und Aspekte bei der Anwendung des Meldeverfahrens der AtSMV sind:

- Rechtzeitige Information an die Aufsichtsbehörde.
- Frühzeitige Erkennung und Beseitigung von Fehlerursachen und Schwachstellen.
- Vermeidung von Wiederholungsfehlern und Vorbeugung gegen Auftreten ähnlicher Fehler.
- Einheitliche Anwendung des Verfahrens in den kerntechnischen Anlagen.

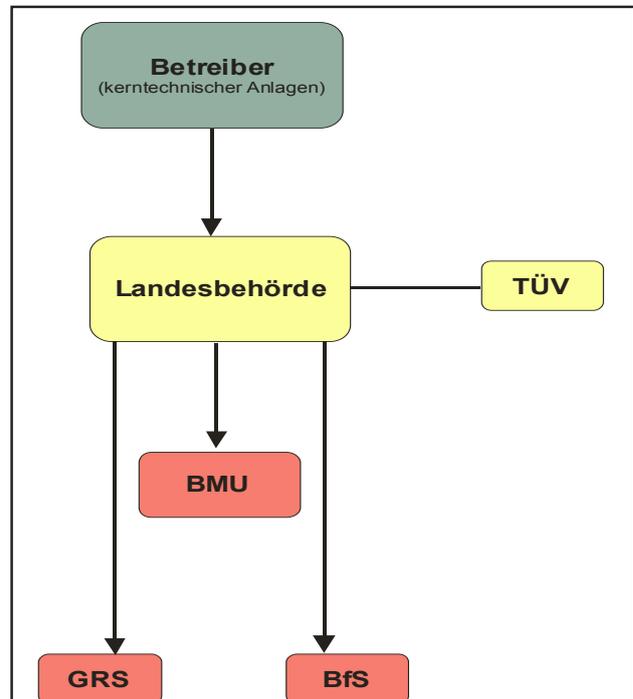
Die Meldung der meldepflichtigen Ereignisse erfolgt nach den in der AtSMV festgelegten Kriterien und Meldekategorien. Es gibt vier Meldekategorien, wobei sich die Zuordnung zur Meldekategorie nach der Dringlichkeit richtet, mit der die zuständige Aufsichtsbehörde über das Ereignis informiert werden muss, um gegebenenfalls rechtzeitig Maßnahmen ergreifen zu können.

Nach Eintritt eines meldepflichtigen Ereignisses erfolgt durch den Betreiber bzw. Genehmigungsinhaber der Anlage die Zuordnung dieses Ereignisses zu einer

Kategorie und dem entsprechenden Kriterium gemäß AtSMV, nach der die Meldung an die zuständige atomrechtliche Aufsichts- und Genehmigungsbehörde zu erfolgen hat. Die Aufsichtsbehörde prüft unter Hinzuziehung von Sachverständigen (z. B. Technischer Überwachungsverein) den technischen Sachverhalt, legt

Meldekategorie	Meldfrist
S	Sofortmeldung - Meldefrist: unverzüglich
E	Eilmeldung - Meldefrist: innerhalb von 24 Stunden
N	Normalmeldung - Meldefrist: innerhalb von 5 Tagen
V	Vor Beladung des Reaktors mit Brennelementen (bei Anlagen der Kernbrennstoffver- und entsorgung vor Inbetriebnahme der Anlage) - Meldefrist: innerhalb von 10 Tagen

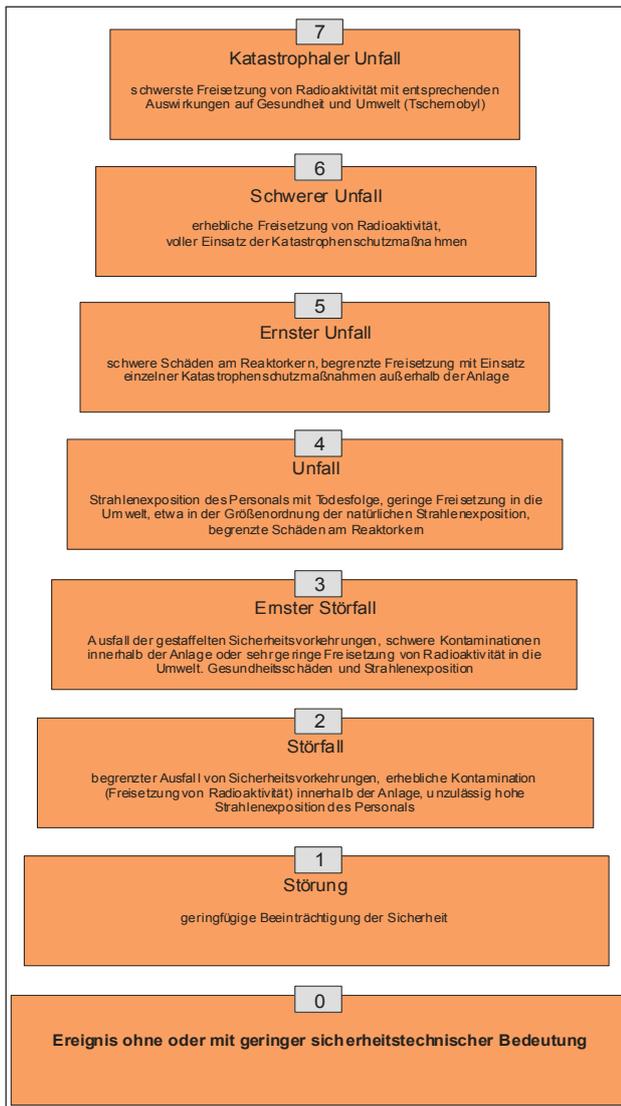
### Meldekategorien



### Behördliches Meldeverfahren

erforderlichenfalls Maßnahmen fest und informiert in der Regel die Öffentlichkeit.

Zur Auswertung auf Bundesebene werden von den Aufsichtsbehörden der Bundesländer die Informationen über meldepflichtige Ereignisse unverzüglich nach einer ersten Prüfung des Sachverhaltes an das Bundesumweltmi-



#### Internationale Bewertungsskala für nukleare Ereignisse (INES)

nisterium (BMU), das BfS und die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) als Gutachterorganisation des BMU weitergegeben.

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 (siehe Abbildung oben).

#### Erfahrungsrückfluss aus Betriebserfahrungen

Eine Auswertung der Erfahrungen beim Betrieb kerntechnischer Anlagen und insbesondere eine systematische Auswertung der dabei aufgetretenen Störungen dient dazu, aus unerwünschten Ereignissen zu lernen

und Konsequenzen dahingehend zu ziehen, dass eine Wiederholung möglichst ausgeschlossen werden kann. Hierzu ist es erforderlich, dass Betreiber, Hersteller, Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden und Sachverständigenorganisationen über die jeweilige Ursache und die getroffenen Gegenmaßnahmen informiert werden, um prüfen zu können, inwieweit diese Erfahrungen Relevanz für die „eigenen“ Anlagen besitzen. Dies wird als „Erfahrungsrückfluss“ bezeichnet.

Das BfS ist die zuständige Behörde für die Erfassung, Dokumentation und Erstbewertung von meldepflichtigen Ereignissen in deutschen Kernkraftwerken, Forschungsreaktoren und Anlagen der nuklearen Ver- und Entsorgung sowie für die Berichterstattung an die Öffentlichkeit, atomrechtliche Landesbehörden, Gutachter und Betreiber. Eine detaillierte Untersuchung meldepflichtiger Ereignisse im In- und Ausland und die Bewertung ihrer Relevanz für die Anlagen im gesamten Bundesgebiet erfolgt von der GRS im Auftrag des BMU. Zur Auswertung von Erkenntnissen aus der internationalen Betriebserfahrung greift die GRS dabei auf das Incident Reporting System (IRS) der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEA) und der Atomenergieagentur innerhalb der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD/NEA) zu.

Die meldepflichtigen Ereignisse dienen neben speziellen Untersuchungen und Analysen und den unterhalb der Meldeschwelle der AtSMV liegenden Vorkommnissen und Befunden als Quelle des Erfahrungsrückflusses. Die Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse erfolgt von der Industrie und von den Behörden auf mehreren Ebenen, nämlich

- vom Betreiber der betroffenen Anlage und von den Betreibern anderer Anlagen,
- von den atomrechtlichen Aufsichtsbehörden und ihren Sachverständigenorganisationen auf Landesebene und
- vom BfS und der GRS (im Auftrag des BMU) auf Bundesebene.

Die praktische Umsetzung der Auswertung der Betriebserfahrungen erfolgt auf den jeweiligen Ebenen mit Hilfe verschiedener Instrumentarien, unter Beteiligung kompetenter Institutionen sowie in zuständigen Gremien.

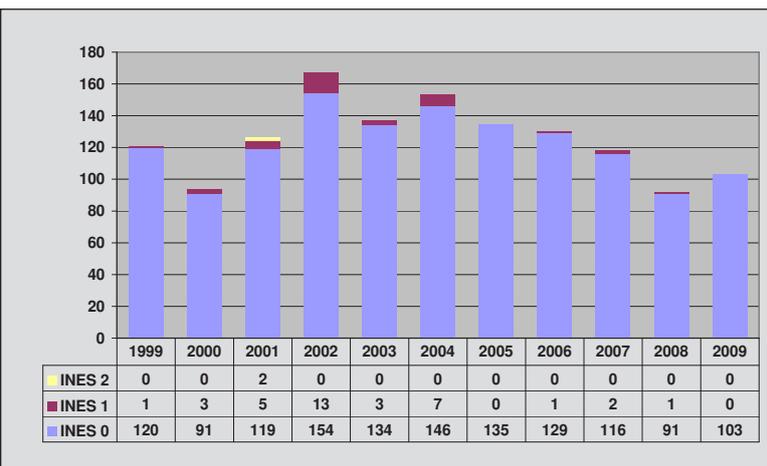
Als wichtiges Mittel zur Erfahrungsübertragung aus einzelnen Ereignissen des In- und Auslands, die sich als übertragbar auf andere Anlagen in Deutschland erweisen, dienen die Weiterleitungsnachrichten (WLN), die von der GRS und nach Freigabe durch den BMU an die Aufsichtsbehörden, die Sachverständigenorganisationen, die Betreiber und Hersteller übermittelt werden. In diesen WLN werden auf der Grundlage der Ursachenanalyse und der Bewertung der sicherheitstechnischen Bedeutung des Ereignisses Empfehlungen zur Überprüfungen in anderen Anlagen gegeben. Die

Betreiber sind verpflichtet, diese Empfehlungen umzusetzen und entsprechende Stellungnahmen abzugeben. So wurde beispielsweise im Jahr 2009 eine WLN zu einer Reaktorabschaltung im Jahr 2007 im Kernkraftwerk Krümmel erstellt, die durch einen kurzzeitigen Ausfall der Eigenbedarfsversorgung aufgrund eines Kurzschlusses in einem Maschinentransformator mit nachfolgendem Brand ausgelöst wurde. Zu diesem Ereignis informierte das BFS bereits ausführlich in seinen Jahresberichten 2007 und 2008. In dieser WLN werden die in der Folge des Kurzschlusses eingetretenen Abweichungen vom in derartigen Fällen zu erwartenden Ablauf des Ereignisses analysiert. Eine weitere WLN, die bereits im Jahr 2008 zu dem Trafobrand im KKW Krümmel erstellt worden war, beschäftigte sich mit dem Eindringen von Brandgasen in die Warte des Kernkraftwerkes.

### Meldepflichtige Ereignisse 2009

Das nachfolgende Diagramm zeigt eine Übersicht über die in den Jahren 1999 - 2009 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 sind in deutschen Kernkraftwerken bisher nicht aufgetreten.

Wie aus dem Diagramm zu entnehmen ist, wurden 2009 aus deutschen Kernkraftwerken 103 meldepflichtige Ereignisse gemeldet (2008: 92). Davon wurden 101 Ereignisse in die Meldekategorie N (Normal) und 2 Ereignisse in die Kategorie E (Eilt) eingestuft. Alle Ereignisse wurden der INES-Stufe 0 (keine oder sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung) zugeordnet.



Meldepflichtige Ereignisse in deutschen Kernkraftwerken 1999-2009

Bei einem Ereignis der Meldekategorie E und INES-Stufe 0 im Kernkraftwerk Biblis, Block A, löste bei Freischaltmaßnahmen der Leistungsschalter der Messspannung einer 380-V-Notstandsschiene aus. Durch den Ausfall der Spannungsüberwachung dieser Notstandsschiene war eine automatische Zuschaltung der Notstandsein-

speisung von Block B im Anforderungsfall nicht möglich. Eine Handzuschaltung war jedoch weiterhin möglich. Die betroffene Notstandsschiene war nicht spannungslos. Alle sicherheitstechnisch wichtigen Verbraucher wurden von der Eigenbedarfsversorgung des Blocks A weiter versorgt. Die Notstandssysteme sind zur Beherrschung von Ereignissen mit sehr geringer Eintrittswahrscheinlichkeit vorgesehen. Da die hiervon betroffenen Sicherheitsfunktionen im Kernkraftwerk Biblis in Teilen nur einsträngig ausgelegt sind (z. B. Armaturen des Primärkreisabschlusses), wurde das Ereignis in die Meldekategorie E eingestuft.

Ein Ereignis im Kernkraftwerk Isar, Block 1, wurde ebenfalls der Meldekategorie E und INES-Stufe 0 zugeordnet. Bei einer Reaktorschutzprüfung kam es durch eine Fehlfunktion einer elektronischen Baugruppe zu einem kurzzeitigen, nicht vorgesehenen Öffnen eines der 8 Sicherheits- und Entlastungsventile im Druckentlastungssystem. Durch den dadurch erhöhten Frischdampfdurchsatz wurde auslegungsgemäß eine Reaktorschnellabschaltung (RESA) ausgelöst. Die Sicherheits- und Entlastungsventile gehören zu den sicherheitstechnisch wichtigen Systemen und haben die Aufgabe den Druck im Reaktordruckbehälter bei Störfällen zu entlasten und zu begrenzen, wenn die Hauptwärmesenke (Turbine) nicht zur Verfügung steht. Die Einstufung in die Meldekategorie E ist durch das Fehlöffnen des Sicherheits- und Entlastungsventils, verbunden mit der RESA begründet.

Aus den deutschen Forschungsreaktoren mit mehr als 50 kW thermischer Dauerleistung wurden im Jahr 2009 9 (2008: 4) meldepflichtige Ereignisse gemeldet. 8 Ereignisse wurden in der Kategorie N und ein Ereignis in die Kategorie E eingestuft. Alle Ereignisse wurden in die INES-Stufe 0 eingeordnet.

Das Ereignis der Meldekategorie E ereignete sich im Forschungsreaktor München (FRM II). Bei einer wiederkehrenden Prüfung wurde festgestellt, dass eine Rückschlagklappe in der gemeinsamen Druckleitung des Primärkühlmittelsystems nicht geschlossen hatte. Die Rückschlagklappen sollen bei Störfällen mit Ausfall der Primärkühlmittelpumpen ein Rückströmen des Kühlmittels verhindern und so die Zwangsdurchströmung des Brennelementes gewährleisten. Durch das nicht vollständige Schließen war nur noch eine von zwei Redundanzen (2 x 100 %) für das Absperren des Kühlmittels verfügbar.

Aus den Anlagen zur Kernbrennstoffver- und -entsorgung wurden im Jahr 2009 insgesamt 27 (2008: 21) Ereignisse erfasst; alle in der Meldekategorie N und der INES-Stufe 0. Das Ereignis im Transportbehälterlager Gorleben "Fehlauslösung des Überwachungssystems eines Lagerbehälters durch defekten Druckschalter" am 31.10.2009 wurde vorläufig in der Meldekategorie E gemeldet und nach Abschluss der Untersuchungen mit der endgültigen Meldung in die Kategorie N zurückgestuft.

# DOKUMENTATION DER IN DEN DEUTSCHEN KERNKRAFTWERKEN ERZEUGTEN STROMMENGEN IM JAHRE 2009

Documentation of Electricity Produced in German Nuclear Power Plants in 2009

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 each German Nuclear Power Plant 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 2009 are reported.*

Durch die am 27.04.2002 in Kraft getretene Änderung des Atomgesetzes (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 Strom-

mengen sind in einer Anlage zum AtG enthalten (Anlage 3 zu § 7 Absatz 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 für jedes Kernkraftwerk eine Betriebszeit von ungefähr 32 Jahren ergeben. Die nach der Bundestagswahl vom 27. September 2009 regierenden Parteien haben in ihrem Koalitionsvertrag die Bereitschaft erklärt, die Laufzeiten der deutschen Kernkraftwerke unter Einhaltung der strengen deutschen und internationalen Sicherheitsstandards zu verlängern. Das Neubauverbot im Atomgesetz soll bestehen bleiben. Derzeit bestimmt das Atomgesetz, dass die Betreiber die in den deutschen Kernkraftwerken erzeugten Elektrizitätsmengen und vorgenommenen Strommengenübertragungen dem BfS mitteilen. Das BfS gibt diese Informationen im Bundesanzeiger und auf seiner Website der Öffentlichkeit bekannt. Die Werte für das Kalenderjahr 2009 können der Tabelle unten entnommen werden. Im November 2003 wurde mit Stade das erste Kernkraftwerk im Zuge der genannten Vereinbarung abgeschaltet, im Mai 2005 hat das Kernkraftwerk Obrigheim den Betrieb eingestellt. Inzwischen haben einige weitere ältere Anlagen ihre gesetzliche Reststrommengen weitgehend erzeugt. Weitere Details dazu sind

Erzeugte Elektrizitätsmengen (netto) der deutschen Kernkraftwerke, Übertragung von Produktionsrechten und Erfassung der Reststrommengen							
Vom 1. Januar 2000 bis 31. Dezember 2009 erzeugte elektrische Nettoarbeit und Reststrommengen [GWh] - Jahresmeldung 2009							
Kernkraftwerk	Reststrommenge ab 1. Januar 2000 gem. § 7 Absatz 1a AtG	1. Januar 2000 bis 31. Dezember 2006	Summe 2007	Summe 2008	Summe 2009***	bisher übertragene Strommengen	verbleibende Reststrommenge
1	2	3	4	5	6	7	8
Stade*	23180,00	18394,47					4785,53
Obrigheim**	8700,00	14199,89				5499,89	0,00
Biblis A	62000,00	48319,02	0,00	8472,13	1012,98		4195,87
Neckarwestheim 1	57350,00	42388,54	4713,53	3786,95	4361,98		2099,00
Biblis B	81460,00	57620,92	884,46	10355,20	1511,33		11088,09
Brunsbüttel	47670,00	34182,47	2487,86	0,00	0,00		10999,67
Isar 1	78350,00	47345,20	6755,77	7582,63	6796,00		9870,40
Unterweser	117980,00	65308,20	9076,27	9295,52	10028,91		24271,10
Philippsburg 1	87140,00	46017,85	6966,11	6148,10	6149,84	-5499,89	16358,21
Grafenrheinfeld	150030,00	70130,84	10311,47	9763,01	10447,26		49377,42
Krümmel	158220,00	64185,06	5454,86	0,00	334,97		88245,11
Gundremmingen B	160920,00	70674,24	10496,50	9669,91	10389,87		59689,48
Philippsburg 2	198610,00	73918,74	11180,64	10844,03	10969,60		91696,99
Grohnde	200900,00	76239,50	10818,40	10545,95	10867,47		92428,68
Gundremmingen C	168350,00	69345,99	9888,31	9928,98	10275,18		68911,54
Brokdorf	217880,00	78094,81	11425,65	11450,40	11459,42		105449,72
Isar 2	231210,00	80691,06	11377,49	11456,15	11484,85		116200,45
Emsland	230070,00	77257,05	10989,22	10896,15	10849,24		120078,34
Neckarwestheim 2	236040,00	73414,88	10411,09	10702,15	10779,73		130732,15
<b>Summe</b>	<b>2516060,00</b>	<b>1107728,73</b>	<b>133237,63</b>	<b>140897,26</b>	<b>127718,63</b>	<b>5499,89</b>	<b>1006477,75</b>
Mülheim-Kärlich	107250,00						107250,00
<b>Gesamtsumme</b>	<b>2623310,00</b>						<b>1113727,75</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 2009" enthalten die von den Wirtschaftsprüfern gemäß § 7 Absatz 1a AtG geprüften Werte.							

Reststrommengen 2009 (Stand: 31.12.2009)

auf der Website des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) [http://www.bmu.de/atomenergie\\_sicherheit/strommengenuebertragung/doc/42281.php](http://www.bmu.de/atomenergie_sicherheit/strommengenuebertragung/doc/42281.php) dargestellt.

## AKTUALISIERUNG DES STILLLEGUNGSLEITFADENS

Update of the German Decommissioning Guideline

Ansprechpartner:

Bernd Rehs (030 18333-1547)

*The German Decommissioning Guideline as of June 14, 1996 was updated because of revised requirements in the legal and sublegal regulatory framework. The process of consultation and adaptation in the technical committees of the "Länder Committee for Nuclear Energy" was finished and the main committee concluded the updated Decommissioning Guideline on its meeting at June 26, 2009. The updated Decommissioning Guideline was republished in the Federal Gazette on October 28, 2009.*

Die Aktualisierung des „Leitfadens zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes“ (Stilllegungsleitfaden) in der Fassung vom 14. Juni 1996 wurde aufgrund von Änderungen einzelner Anforderungen im gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerk erforderlich. Des Weiteren bestand die Notwendigkeit, die bisher bei der Durchführung von Stilllegungsprojekten gewonnenen Erfahrungen zu berücksichtigen. 2009 waren in Deutschland 17 Leistungs- und Prototypreaktoren, 8 Forschungsreaktoren und 4 Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs endgültig abgeschaltet oder befanden sich in Stilllegung, d. h. im Abbau oder sicheren Einschluss.

Die für den Vollzug des Atomgesetzes zuständigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden der Länder und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sind am 26. Juni 2009 im Länderausschuss für Atomkernenergie übereingekommen, den aktualisierten Stilllegungsleitfaden in atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren anzuwenden. Am 28. Oktober 2009 wurde der Stilllegungsleitfaden im Bundesanzeiger Nr. 162a veröffentlicht. Gleichzeitig wurde der bisher gültige Stilllegungsleitfaden vom 14. Juni 1996 zurückgezogen.

Ziel des Stilllegungsleitfadens ist es, die bei Genehmigung und Aufsicht stilllegungsspezifischen Aspekte zusammenzustellen, ein gemeinsames Verständnis von Bund und Ländern zur zweckmäßigen Durchführung von Stilllegungsverfahren zu unterstützen und entsprechend bestehende Auffassungen und Vorgehensweisen zu harmonisieren. Der Stilllegungsleitfaden enthält daher Vorschläge für eine zweckmäßige Vorgehensweise bei der Stilllegung von Anlagen nach § 7 des Atomgesetzes im Hinblick auf die Anwendung

des gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerkes, für die Planung und Vorbereitung der Stilllegung sowie für Genehmigung und Aufsicht.

Der Stilllegungsleitfaden hat sich als Ratgeber für alle, die hinsichtlich Antragstellung, Begutachtung und Genehmigung am Stilllegungsverfahren beteiligt sind, bewährt. Durch die jetzt abgeschlossene Überarbeitung spiegelt er die aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen wider und wird dadurch diese Ratgebende Funktion auch in Zukunft erfüllen können.

Mit dem Stilllegungsleitfaden wird kein neuer rechtlicher Rahmen zur Grundlage einer verbindlichen Ausgestaltung der Stilllegungsverfahren geschaffen. Er ist eine Zusammenstellung der bestehenden rechtlichen Rahmenbedingungen sowie stilllegungsrelevanter Aspekte, die als Hilfsmittel zur einheitlichen Durchführung von Rückbauprojekten in Deutschland zugrunde zu legen sind. Dies gilt insbesondere bei der Anwendung von kerntechnischen Regeln im Rahmen von Stilllegungsverfahren, die für in Betrieb befindliche kerntechnische Anlagen erarbeitet wurden.

Neben dem Thema „Entlassung von radioaktiven und nicht radioaktiven Stoffen aus der atomrechtlichen Überwachung“ gab es eine Reihe von weiteren Themen-



Innenansicht der Materialschleuse des in Stilllegung befindlichen Reaktors AVR in Jülich während der im November 2008 durchgeführten Verfüllung des Reaktorbehälters mit Porenleichtbeton

feldern, die einer Überarbeitung bedurften. Hierzu zählen "Erstellung eines Stilllegungskonzeptes und seine Fortentwicklung zu einer Stilllegungsplanung parallel zum Betrieb der Anlage bis zum Zeitpunkt des erstmaligen Antrags auf Stilllegung" ebenso wie „Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung sowie Festlegung der Modalitäten für die Öffentlichkeitsbeteiligung“. Ferner wurde die Thematik „Behandlung und Lagerung von radioaktiven Stoffen sowie Abklinglagerung von großen Komponenten“ in einem Kapitel zusammenfassend dargestellt. Als weitere Überarbeitungsfelder sind die Bereiche „Dokumentation der Stilllegung während des Rückbaus und Erstellung eines Abschlussberichtes“ sowie „Einteilung des untergesetzlichen Regelwerks hinsichtlich seiner Anwendbarkeit im Rahmen der Stilllegungsverfahren“ zu nennen.

Interessenten finden den Stilllegungsleitfaden auf den Internet-Seiten des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) (<http://www.bfs.de/bfs/recht/rsh>) unter der Rubrik „3 Bekanntmachungen des BMU und des vormals zuständigen BMI“ des Handbuchs Reaktorsicherheit und Strahlenschutz.

## ÜBEREINKOMMEN ÜBER NUKLEARE SICHERHEIT - WAS KANN MAN NOCH BESSER MACHEN?

Convention on Nuclear Safety – Improvement Measures between Review Meetings

Ansprechpartner:

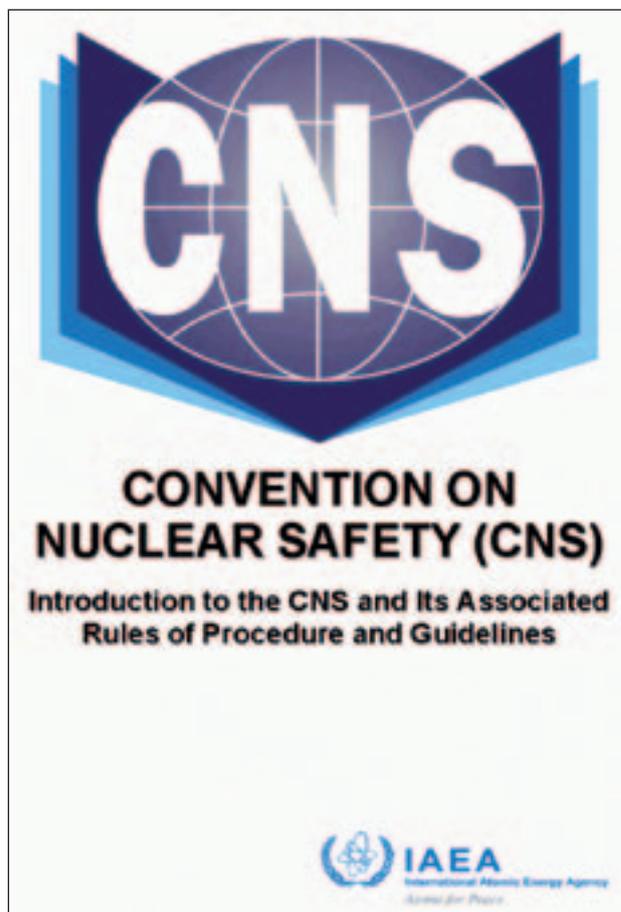
Hartmut Klonk (030 18333-1530)

*Up to the fourth review meeting in April 2008 any measures to improve the efficiency of the Convention were discussed and accepted only at these meetings. In April 2008, it was decided to place the organisational meeting in the middle of the three-year cycle. A working party was established to review one of the guidelines. This revision was successfully presented and accepted by consensus at an extraordinary meeting in September 2009.*

Das Übereinkommen über nukleare Sicherheit (Convention on Nuclear Safety, CNS) ist seit 1996 in Kraft und fordert von seinen Vertragsstaaten alle drei Jahre einen Bericht über die nationale Umsetzung der Anforderungen und die Teilnahme an einer Überprüfungs-konferenz (siehe Infokasten "Ziele, Inhalt und Verpflichtungen").

Bei den vorangegangenen Überprüfungszyklen hatten sich weltweit die Aktivitäten für diesen Prozess auf das Jahr vor der jeweiligen Konferenz und bis zu deren Ende konzentriert. Verbesserungsmaßnahmen zur Steigerung der Effizienz wurden nur auf den Konferenzen selbst diskutiert und beschlossen.

Bereits zur letzten Überprüfungs-konferenz im April 2008 sind einige Verbesserungsvorschläge für ein effizientes Verfahren schon vor der eigentlichen Konfe-



CNS-Broschüre

renz vorgelegt worden. Sie wurden dann in der so genannten Open Ended Working Group diskutiert und in der Arbeitsgruppe durch weiterführende Anträge ergänzt.

Die vom Plenum einstimmig beschlossenen Maßnahmen hatten erstmalig seit Inkrafttreten der Konvention direkte Auswirkungen auf die Zeit zwischen den Konferenzen:

- Das Organisationstreffen wird ein Jahr früher als bisher und damit in der zeitlichen Mitte des Zyklus stattfinden.
- In Verbindung mit dem Organisationstreffen am 29. September 2009 wird eine außerordentliche Tagung der Vertragsstaaten am 28. September 2009 stattfinden.
- Eine Arbeitsgruppe zur Revision der Richtlinie "National Report" wurde eingerichtet. Bis zur außerordentlichen Tagung im September 2009 sollte die Revision der Richtlinie verabschiedungsreif erstellt sein.

Die Arbeitsgruppe zur Revision der Richtlinie „National Report“ hat direkt nach der Konferenz im April 2008 unter deutscher Leitung (BfS) ihre Arbeit aufgenommen. Eine Neufassung der Richtlinie konnte durch eine intensive Mitarbeit und einen fachlichen Meinungsaustausch von 15 Personen aus 14 Ländern erreicht werden. Zwi-

schenergebnisse wurden jeweils allen Vertragsstaaten zur Kommentierung vorgestellt. Durch diesen transparenten Prozess konnte der am 3. August 2009 erstellte Entwurf bereits als weitgehend abgestimmt betrachtet werden. Er wurde auf der dafür vorgesehenen außerordentlichen Tagung der Vertragsstaaten am 28. September 2009 einstimmig angenommen. Eine solch umfangreiche und grundlegende Veränderung eines im Konsens erstellten Dokumentes war zuvor nicht erreicht worden, wäre im Rahmen einer zeitlich begrenzten Konferenz auch nicht möglich gewesen.

Die neugefasste Richtlinie stellt eine erhebliche Verbesserung in den Anforderungen an die nationale Berichterstattung dar. Die Berichte sollen dadurch inhaltlich fokussiert und auch strukturell besser vergleichbar werden.

Die außerordentliche Tagung und das Organisationstreffen der Vertragsstaaten haben am 28. bzw. am 29. September 2009 in der Mitte des Dreijahreszyklus stattgefunden.

Dabei wurden bereits jetzt die Ländergruppen für die Überprüfungskonferenz im April 2011 bestimmt.

Ebenfalls zur außerordentlichen Tagung am 28.09.2009 hat die IAEA eine Broschüre vorgelegt, die die Konvention und ihre Mechanismen im Detail beschreibt.

Alle diese Maßnahmen tragen dazu bei, die Effektivität des Übereinkommens zu steigern und für Kontinuität bei gleichzeitiger Weiterentwicklung zu sorgen. Bemühungen für die Erhöhung der nuklearen Sicherheit können weltweit gefördert werden.

Das BfS beteiligt sich wie in der Vergangenheit auch weiterhin an der Weiterentwicklung des Überprüfungsprozesses. Weitere Informationen zu diesem Übereinkommen wie auch zu anderen internationalen Übereinkommen sind auf den Seiten der IAEA zu finden. Alle deutschen Berichte sind auf der Webseite des BfS unter <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 ratifiziert, angenommen oder genehmigt worden. Deutschland ist nach 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.

# ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

Management of Radioactive Wastes

## TRANSPORT UND ZWISCHENLAGERUNG VON RADIOAKTIVEN ABFÄLLEN UND KERNBRENNSTOFFEN

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 2009 the BfS dealt with approval amendments of interim storage facilities. On 24 February 2009 the licence to store vitrified waste from the shut-down WAK reprocessing plant was granted to the storage facility ZLN at Rubenow/Greifswald, giving a prerequisite to start up the vitrification facility at WAK. In addition, the BfS issued 110 approvals for the shipment of nuclear fuels and large sources and 27 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 (THTR) 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. Im Jahr 2009 wurden keine weiteren Antragsunterlagen zur Prüfung eingereicht. Nach den Planungen der Antragstellerinnen sollen frühestens ab 2014 bis zu 150 Behälter eingelagert werden.

Am 30.10.2006 hatte die Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS) und die Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH (BZA) bei der Bezirksregierung Münster einen Antrag nach § 7 StrlSchV zur Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus dem Betrieb und der Stilllegung deutscher Kernkraftwerke im TBL Ahaus gestellt. Die am 09.11.2009 von der Bezirksregierung Münster erteilte Genehmigung nach § 7 StrlSchV sieht eine befristete Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle für einen Zeitraum von maximal zehn Jahren vor. Die Betriebs- und Stilllegungsabfälle sollen in unterschiedlichen Behältern aus Beton, Guss und Stahl in der westlichen Hallenhälfte zwischengelagert werden. Voraussichtlich ab 2014 werden diese Abfälle in das derzeit in der Errichtung befindliche Endlager des Bundes, Schacht Konrad bei Salzgitter, verbracht.

Im Rahmen der Beteiligung im Genehmigungsverfahren nach § 7 StrlSchV wurden vom BfS mögliche Wechselwirkungen mit der Aufbewahrung von Kernbrennstoffen nach § 6 AtG geprüft. Im Zusammenhang mit der Nutzung des TBL Ahaus zur Lagerung von radioaktiven Abfällen nach § 7 StrlSchV sind außerdem Änderungen an der Krananlage und am Lagerbehälterüberwachungssystem für CASTOR-Behälter erforderlich. Die dafür erforderlichen Prüfungen für eine Änderungsgenehmigung nach § 6 AtG waren Ende 2009 noch nicht abgeschlossen.

Mit Schreiben vom 24.09.2009 haben GNS und BZA die Aufbewahrung der AVR-Kugelbrennelemente aus dem AVR-Behälterlager Jülich im TBL Ahaus beantragt. Hintergrund ist das Auslaufen der Genehmigung für das AVR-Behälterlager im Jahr 2013. Die insgesamt 152 Behälter der Bauart CASTOR THTR/AVR sollen in der östlichen Hallenhälfte neben den dort bereits eingelagerten 305 Behältern der Bauart CASTOR THTR/AVR

mit Brennelementen aus dem THTR aufbewahrt werden.

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.

Im Rahmen weiterer Änderungsverfahren wurde im Jahr 2009 die Prüfung der Genehmigungsvoraussetzungen für den Behälter CASTOR HAW28M zur Aufbewahrung von HAW-Glaskokillen fortgesetzt. Wie der bereits 2007 genehmigte Behälter TN 85 ist auch der Behälter CASTOR HAW28M für eine Beladung mit 28 Glaskokillen und einer maximalen Wärmeleistung von 56 kW ausgelegt. Die 4. Änderungsgenehmigung zum Einsatz des Behälters CASTOR HAW28M wurde am 29.01.2010 erteilt.

Die Rückführung der verglasten hochradioaktiven Abfälle (sog. Glaskokillen) nach Deutschland aus der Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente in Frankreich und Großbritannien ist durch völkerrechtlich verbindliche Notenwechsel der Bundesrepublik Deutschland mit der Republik Frankreich bzw. Großbritannien 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. Die neben der Aufbewahrungsgenehmigung für den Rücktransport erforderliche verkehrsrechtliche Zulassung für den CASTOR HAW28M wurde am 29.09.2009 erteilt. Voraussichtlich ab dem Jahr 2014 sollen außerdem insgesamt 21 Behälter mit Glaskokillen aus Großbritannien beladen und zurückgenommen 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 Kern-

kraftwerk Greifswald und dem zugehörigen Zwischenlager für abgebrannten Brennstoff sowie aus dem früheren Kernkraftwerk Rheinsberg im Umfang von 585 t auf maximal 80 Behälterstellplätzen genehmigt. Im Jahr 2009 wurden die Prüfungen für folgende Änderungsanträge fortgesetzt:

- 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.

Die Aufbewahrung von VEK-Kokillen in Behältern der Bauart CASTOR HAW 20/28 CG SN 16 wurde vom BfS im Rahmen der 6. Änderungsgenehmigung am 24.02.2009 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 von der Forschungszentrum Jülich GmbH am 26.06.2007 vorsorglich eine Verlängerung

Standort-Zwischenlager (SZL)	Erteilung der 1. Genehmigung nach § 6 AtG	Masse SM [Mg]	Stellplätze gesamt (Ende 2009 belegt)	Baubeginn	Inbetriebnahme
SZL Biblis	22.09.2003	1400	135 (41)	01.03.2004	18.05.2006
SZL Brokdorf	28.11.2003	1000	100 (12)	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 (13)	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 (25)	23.08.2004	25.08.2006
SZL Isar	22.09.2003	1500	152 (16)	14.06.2004	12.03.2007
SZL Krümmel	19.12.2003	775	80 (17)	23.04.2004	14.11.2006
SZL Lingen	06.11.2002	1250	125 (28)	18.10.2000	10.12.2002
SZL Neckarwestheim	22.09.2003	1600	151 (32)	17.11.2003	06.12.2006
SZL Philippsburg	19.12.2003	1600	152 (31)	17.05.2004	19.03.2007
SZL Unterweser	22.09.2003	800	80 (5)	19.01.2004	18.06.2007

Übersicht über die in Betrieb befindlichen Standort-Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente

der bestehenden Aufbewahrungsgenehmigung beantragt. Die Forschungszentrum Jülich GmbH favorisiert jedoch die Verbringung der insgesamt 152 Behälter in das Transportbehälterlager Ahaus.

Bis Ende 2003 wurden die Anträge für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in den Standort-Zwischenlagern 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 auf Seite 69.

In den Genehmigungsverfahren zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen waren von den Antragstellern weitere Ergänzungen der Genehmigungen beantragt worden. Im Zeitraum nach Genehmigungserteilung wurden zudem weitere Anträge auf Änderung der Aufbewahrungsgenehmigungen gestellt. In den Jahren 2008 und 2009 wurden für alle Standort-Zwischenlager Modifikationen des Transport- und Lagerbehälters der Bauart CASTOR V/19 bzw. CASTOR V/52 sowie umfangreiche Inventaranpassungen beantragt, die unter anderem auch die Aufbewahrung einer höheren Anzahl von Mischoxid-Brennelementen je Behälter ermöglichen sollen. Die Prüfungen der Neuanträge wurden eingeleitet. Unter anderem wird festzustellen sein, ob die beantragten Änderungen einer Umweltverträglichkeitsprüfung bedürfen.

Seit dem 22.04.2005 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



Einlagerung eines CASTOR-Behälters im Standort-Zwischenlager Gundremmingen im August 2006

ist die EnBW Kernkraft GmbH (EnKK). Die Aufbewahrung der 342 Brennelemente soll in 15 Transport- und Lagerbehältern der Bauart CASTOR 440/84 mvK in einer Lagerhalle aus Stahlbeton mit Verlade- und Lagerbereich auf dem Gelände des Kernkraftwerkes Obrigheim erfolgen. Die beantragte Aufbewahrungszeit beträgt 40 Jahre ab Einlagerung des ersten Behälters.

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.

Nach Durchführung des Erörterungstermins im Oktober 2008 wurden im Jahr 2009 von der Antragstellerin weitere detaillierte Antragsunterlagen zum Vorhaben eingereicht. Auf dieser Grundlage wurde das Verfahren mit der Prüfung der Genehmigungsvoraussetzungen fortgesetzt.

## 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 Terroriszenarien gewährleistet ist.

Das Oberverwaltungsgericht (OVG) Schleswig ist in den Verfahren zu den Standort-Zwischenlagern Brunsbüttel und Krümmel 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 Terroriszenarien 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 Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) ein.

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.

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.

Mit Beschluss vom 28.09.2009 befand der VGH München, dass Aufwendungen des Trägers der atomrechtlichen Genehmigungsbehörde für die Beiziehung von Sachverständigen im verwaltungsgerichtlichen Verfahren allenfalls in ganz seltenen Ausnahmefällen vom unterlegenen Gegner zu erstatten sind. Einen solchen Ausnahmefall hat der VGH München in diesem Fall nicht gesehen. Nach Einschätzung des Gerichts war im zu Grunde liegenden Klageverfahren der Streitstoff nicht neu zu erarbeiten, sondern durch die Vorarbeiten im Genehmigungsverfahren geprägt. Zur zweckentsprechenden Rechtsverteidigung hat die Darstellung und Begründung der im Zeitpunkt der Genehmigungserteilung getroffenen Sicherheitsannahmen ausgereicht. Eine Wiederholung der bereits von der Genehmigungsbehörde angestellten Erwägungen hätte auch ohne die Zuziehung externer Sachverständiger durch die eigenen Fachleute der Genehmigungsbehörde erfolgen können. Die Tatsache, dass der Gegenstand des Klageverfahrens durch Geheimhaltungsbedürfnisse aus Sicherheits- und betrieblichen Gründen gekennzeichnet war, rechtfertigte ebenfalls keinen Ausnahmefall.

Über die Rechtmäßigkeit der Aufbewahrungsgenehmigung für das Standort-Zwischenlager Unterweser vom 22.09.2003 hat das OVG Lüneburg zu entscheiden.

## Transporte von radioaktiven Stoffen und Kernbrennstoffen

Das BfS ist die zuständige Behörde zur Erteilung von Beförderungsgenehmigungen für alle Verkehrsträger gemäß § 4 Atomgesetz für Kernbrennstoffe und § 16 Strahlenschutzverordnung für Großquellen. Außerdem ist das BfS gemäß Gefahrgutbeförderungsgesetz und den darauf beruhenden Verordnungen zuständig für die Erteilung von verkehrsrechtlichen Beförderungsgenehmigungen sowie für die Zulassung und Anerkennung von Transportbehältern.

Als wesentliche Arbeitsschwerpunkte auf dem Gebiet der Zulassungen von Transportbehältern konnten im Jahr 2009 die mehrjährigen, umfassenden sicherheitstechnischen Begutachtungen der Bauarten **Transport- und Lagerbehälter CASTOR HAW28M** sowie **Transport- und Lagerbehälter CASTOR KNK** abgeschlossen und deren verkehrsrechtliche Zulassungen durch das BfS erteilt werden.

Behälter der Bauart CASTOR HAW28M (Bild oben) sind für die Beförderung von hochradioaktiven Glaskokillen (HAW-Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung in Frank-

reich in das Transportbehälterlager Gorleben vorgesehen. Die Bauart CASTOR HAW28M stellt eine Weiterentwicklung der bisher für solche Beförderungen eingesetzten Behälter der bereits vom BfS zugelassenen Bauart CASTOR HAW 20/28 CG dar, um die Entsorgung von HAW-Glaskokillen mit erhöhtem Aktivitätsinventar und größerer Wärmeleistung bei gleich hoher Sicherheit zu ermöglichen. Der CASTOR HAW28M gestattet die Beförderung von HAW-Glaskokillen mit einer Wärmeleistung von bis zu 2 kW je HAW-Glaskokille, was einer Erhöhung von 25 % gegenüber dem CASTOR HAW 20/28 CG entspricht. Der Einsatz von Behältern der Bauart CASTOR HAW28M ist erstmals 2010 für die Rückführung von HAW-Glaskokillen vorgesehen.



**Transport- und Lagerbehälter CASTOR HAW28M während der Kalthandhabung im Transportbehälterlager Gorleben (Quelle: GNS)**

Behälter der Bauart CASTOR KNK (s. S. 72) werden für die Beförderung und Zwischenlagerung von in Büchsen eingeschweißten Brennstäben und Brennstabstücken der kompakten, natriumgekühlten Kernreaktoranlage KNK II in Karlsruhe, die sich derzeit in Frankreich und in Belgien befinden, sowie Brennstäben aus dem Reaktor des 1973 außer Betrieb genommenen Nuklearschiffs „Otto Hahn“, die zurzeit im GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH lagern, benötigt. Dieser Behältertyp wurde auf der Grundlage der bereits zugelassenen Bauart CASTOR THTR/AVR entwickelt und soll 2010 für die Rückführung der KNK-Brennstäbe aus Frankreich nach Deutschland eingesetzt werden.

Entsprechend den in den gefahrgutrechtlichen Vorschriften festgelegten Zuständigkeiten wurden die sicherheitstechnischen Begutachtungen beider Bauarten hinsichtlich der mechanischen und wärmetechnischen Auslegung, der Dichtigkeit und Qualitätssicherung durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM, [www.bam.de](http://www.bam.de)) und hinsichtlich der Strahlungsabschirmung, der Kritikalitätssicherheit und der Inhaltsspezifikation durch das BfS vorgenommen. Auf der Grundlage von Modellversuchen (beim CASTOR HAW28M z. B. wurden 17 verschie-

dene Falltests mit einem Modell im Maßstab 1:2 durchgeführt), Berechnungsverfahren und Ähnlichkeitsbetrachtungen wurde die Erfüllung aller sicherheitstechnischen Anforderungen durch die Antragsteller nachgewiesen, so dass für beide Bauarten die verkehrsrechtlichen Zulassungen als Versandstückmuster vom Typ B(U)F-96 durch das BfS erteilt werden konnten.

Auf internationalem Gebiet wurde die Mitarbeit des BfS bei der Weiterentwicklung der Sicherheitsstandards zum Transport radioaktiver Stoffe bei der Internationalen Atomenergie Organisation (IAEA) und der EU fortgesetzt. Eine neue Ausgabe der „Empfehlungen zum sicheren Transport radioaktiver Stoffe“ der IAEA (TS-R-1) wurde 2009 veröffentlicht. Sie enthält keine wesentlichen inhaltlichen Änderungen, wurde aber bezüglich der Klassifizierung der radioaktiven Stoffe sowie einiger Klarstellungen überarbeitet, um die praktische Umsetzung der Vorschriften zu verbessern. Die Empfehlungen werden ab 1. Januar 2011 in die Gefahrgutbeförderungsvorschriften für alle Verkehrsträger in Deutschland verbindlich umgesetzt. Gleichzeitig wurde ein neuer Überprüfungszyklus der IAEA-Empfehlungen TS-R-1 begonnen, für den durch die Arbeitsgruppe „Klasse 7“ des Gefahrgutverkehrsbeirates des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) unter Leitung des BfS die erforderliche Stellungnahme Deutschlands erarbeitet wurde. Im internationalen Rahmen erfolgte außerdem die Mitarbeit des BfS in der 2008 gegründeten „Europäischen Vereinigung zuständiger Behörden für den sicheren Transport radioaktiver Stoffe“ mit dem Ziel, die Harmonisierung der anwendbaren Vorschriften und deren praktische Umsetzung auf dem Gebiet der sicheren Beförderung radioaktiver Stoffe in Europa weiter voranzubringen.

Zur Sicherheitsbewertung der künftigen Transporte von radioaktiven Abfällen zum Endlager Konrad wurde die Aktualisierung der Transportstudie Konrad von 1991 durch die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicher-

heit abgeschlossen. Die neue Studie 2009 „Sicherheitsanalyse zur Beförderung radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad“ wurde dem BMU zur Veröffentlichung vorgelegt. Sie kann unter der Adresse [http://www.bmu.de/atomenergie\\_ver\\_und\\_entsorgung/doc/45656.php](http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/doc/45656.php) aus dem Internet heruntergeladen werden.

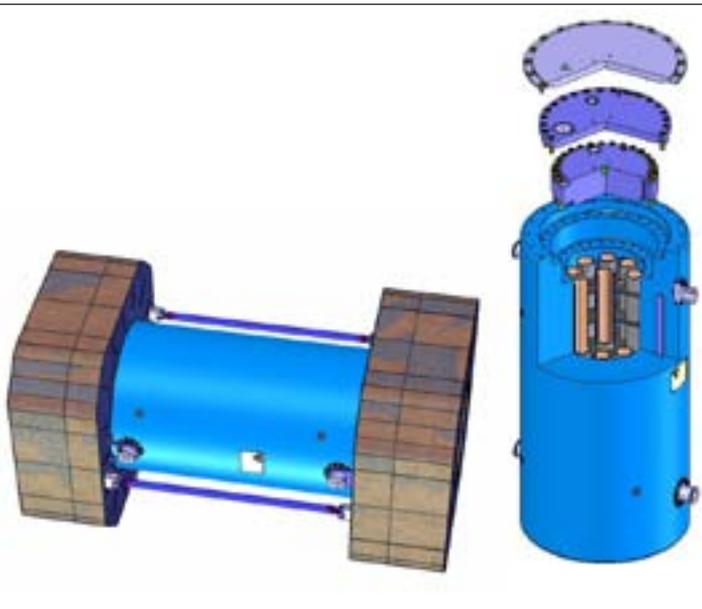
Im Jahre 2009 wurden insgesamt 110 Beförderungsgenehmigungen (Einzel-, Mehrfach- und allgemeine Genehmigungen) für Kernbrennstoffe und Großquellen erteilt. Es wurden 16 Transporte von Großquellen und 434 Transporte von Kernbrennstoffen durchgeführt. Entsprechend den gefahrgutrechtlichen Anforderungen wurden durch das BfS 17 Versandstückmusterzulassungen und 10 Anerkennungen ausländischer Zulassungen für Transportbehälter sowie 3 verkehrsrechtliche Beförderungsgenehmigungen erteilt.

Informationen über die vom BfS erteilten Beförderungsgenehmigungen nach § 4 AtG für Kernbrennstoffe sowie nach § 16 StrlSchV für Großquellen und die erhobenen statistischen Angaben über die durchgeführten Kernbrennstofftransporte können der Homepage des BfS ([www.bfs.de](http://www.bfs.de)) entnommen werden.

#### Die aktuelle Rechtsprechung zu Transportgenehmigungen

Im Jahr 2003 erteilte das BfS eine Transportgenehmigung für die Beförderung hochradioaktiver Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung aus Frankreich zum Zwischenlager Gorleben. Zwei Straßen- bzw. Schienenanlieger der Transportstrecke erhoben gegen diese Genehmigung Klage vor dem Verwaltungsgericht (VG) Braunschweig. Die Kläger beriefen sich im Wesentlichen auf den Schutz ihrer Gesundheit und machten geltend, dass die Genehmigung weder den technischen Sicherheitsanforderungen noch den Anforderungen zum Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (Schutz vor Freisetzung oder Entwendung durch Dritte) genüge. Das VG Braunschweig wies die beiden Klagen ab. Nach Auffassung des Gerichts können Anlieger weder eine gerichtliche Überprüfung der technischen Sicherheit noch des Schutzniveaus gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter verlangen. Das Obergericht (OVG) Lüneburg bestätigte das Urteil des VG Braunschweig und ließ die beantragte Zulassung der Berufung nicht zu. Die beiden Anlieger der Transportstrecke legten hiergegen Verfassungsbeschwerde ein.

Mit Beschluss vom 21. Januar 2009 hob das Bundesverfassungsgericht (BVerfG) die Nichtzulassung der Berufung auf und verwies die Sache zur erneuten Entscheidung zurück ans OVG Lüneburg. Nach Ansicht des BVerfG hätte das OVG Lüneburg die Anträge auf Zulassung der Berufung nicht mit dem nur kurz begründeten Hinweis ablehnen dürfen, dass die Vorschriften zur technischen Sicherheit und zum Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter dem Einzelnen kein Recht zur gerichtlichen Überprüfung gewähren. Es hätte sich mit der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts zu anderen, aber gleichlautenden Vorschriften auseinandersetzen müssen.



Transport- und Lagerbehälter CASTOR KNK (Quelle: GNS)

Das OVG Lüneburg hat zwischenzeitlich die Berufung zugelassen. Im Berufungsverfahren wird insbesondere zu klären sein, ob die Kläger eine gerichtliche Überprüfung der technischen Sicherheit und des Schutzniveaus gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter verlangen können und ob die Transportgenehmigungen die Rechte der Kläger verletzt haben. Diese Frage ließ das BVerfG in seinen Beschlüssen vom 21. Januar 2009 offen. Die Entscheidung des OVG Lüneburg steht derzeit noch aus. Eine Terminierung ist bislang nicht erfolgt.

## ERRICHTUNG DES ENDLAGERS KONRAD

Construction of the Konrad Repository

### STAND DER ERRICHTUNGSARBEITEN

Status of Construction Works

Ansprechpartner:

Volker Kunze (030 18333-1930)

*The necessary preparations for the construction of the Konrad repository have been continued in 2009. It is intended to come into operation in 2015. Sanitary and maintenance work as well as a search for unexploded ordnance devices with subsequent remediation has been carried out. The costs for the construction phase have been assessed with about 1.6 Billion € on the basis of current prices and planning. Furthermore, a transport analysis has been carried out, revealing that the radiological consequences for staff and the environment are fairly low.*

Auf der Grundlage des Planfeststellungsbeschlusses des Niedersächsischen Umweltministeriums aus dem Jahre 2002 wird das ehemalige Eisenerzbergwerk Konrad in Salzgitter, Niedersachsen, derzeit zum Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung umgebaut.

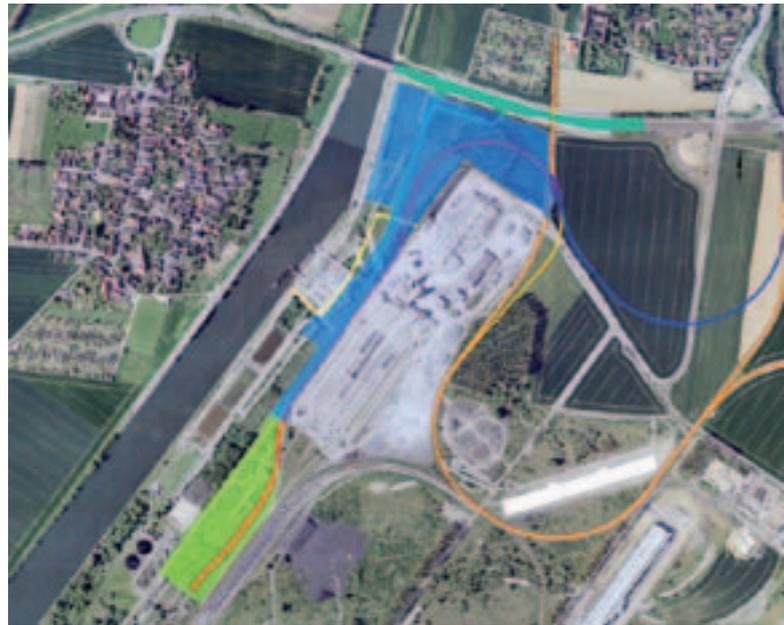
#### Durchgeführte Arbeiten

Die notwendigen Planungen zur Abwicklung des Projektes wurden im Jahr 2009 fortgesetzt. Planungen wurden dabei an den fortgeschrittenen Stand des technischen Regelwerks angepasst und Vorgaben der Bundesregierung zur Energieeffizienz und zum ökologischen Bauen berücksichtigt.

Die Vertragsverhandlungen mit der Salzgitter AG sind mit dem Kauf der notwendigen Flächen zur Verkehrsanbindung abgeschlossen. Abstimmungen mit der Stadt Salzgitter für den Straßenanschluss der Schachanlage an die Kreisstrasse 39 und zur Festlegung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen finden statt.

Im Vorfeld der Baumaßnahmen auf Konrad 2 war eine Sondierung auf Kampfmittelverdachtsflächen und, wo nötig, eine Beseitigung der Kampfmittel durchzuführen.

Auf Konrad 1 sind Abbruchmaßnahmen im Bereich der Band-, Brech-, Sieb- und Verladeanlage durchgeführt



**Betriebsfläche Konrad 2 (gelbgrün), Kaufflächen von Salzgitter AG (blau) und Strassen Anschluss Konrad 2 an Kreisstrasse 39 (blaugrün)**

worden, Schachtsanierungsmaßnahmen laufen. Das Fördermaschinengebäude Konrad 1 Süd und die dazugehörigen Seilscheiben sind abgebrochen bzw. abgebaut worden.

Auf Konrad 2 wurden vorläufig zur Errichtung der Schachtförderanlage Sanierungsmaßnahmen im Schacht durchgeführt. Die Schachtsanierungen, die untertägigen Streckenerktüchtigungen und die Auffahrungen der Einlagerungskammern im Feld 5/1 sind vor Beginn der Einlagerungen durchzuführen. Die Arbeiten an der Einlagerungstranstrecke sind abgeschlossen worden. Zurzeit wird die Auffahrung der Einlagerungskammern im Feld 5/1 vorbereitet.

#### Kosten der Errichtung des Endlagers Konrad

In früheren Abschätzungen wurde davon ausgegangen, dass für die Errichtung des Endlagers Konrad (Beginn der Vorarbeiten zur Errichtung nach Planfeststellungs-



**Abbruchstelle Fördermaschinen-Gebäude Konrad 1 Süd**

beschluss bis zur Inbetriebnahme) weitere Kosten in Höhe von rd. 900 Mio. € anfallen werden.

Zwischenzeitlich wurde durch die Betriebsgesellschaft „Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH“ (DBE) im Auftrag des BfS eine erste Projektkostenrechnung unter aktuellen Randbedingungen durchgeführt. Danach belaufen sich die Kosten für die Errichtung des Endlagers Konrad in der Zeit von 2007 bis zur Fertigstellung auf voraussichtlich rd. 1,6 Mrd. €. Die Kosten für die zuständigen Bundesbehörden und sonstige Auftragnehmer sind für diesen Projektzeitraum nach derzeitigem Planungsstand mit rd. 76 Mio. € anzugeben.



**Generalüberholte Teilschnittmaschine**



**Einbau neuer Kabeltrassen**

Die Ursachen für diese Kostenänderungen liegen zum einen in dem gestiegenen Sanierungsbedarf der Anlagen und der Anpassung an den aktuellen Stand des technischen Regelwerks und die Vorgaben des Planfeststellungsbeschlusses mit seinen rund 600 Nebenbestimmungen. Zum anderen besteht im Bereich Bergbau eine

im Verlauf der vergangenen Jahrzehnte veränderte Marktsituation, die nur einen eingeschränkten Wettbewerb zulässt.

Die Kosten von rd. 1,6 Mrd. € für die Phase der Errichtung des Endlagers Konrad werden nach der Endlager-vorausleistungsverordnung (EndlagerVIV) refinanziert.

#### **Öffentlichkeitsarbeit**

Es ist vorgesehen, vor dem Betriebsgelände von Schacht Konrad 1 einen Infopavillon mit besonderen Einrichtungen zur Information der Öffentlichkeit zu errichten.

Zusätzlich zu den bereits geplanten Baumaßnahmen an der Umladehalle auf Konrad 2 wird der Bau einer Besu-



**Infopavillon Standort Schacht Konrad 1**

chergalerie vorbereitet, die der interessierten Öffentlichkeit den direkten Einblick in die Vorgänge in der Umladehalle ermöglichen soll.

#### **Aktualisierung der Transportstudie**

Die von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) im Jahr 1991 für das Endlager Konrad erstellte Transportstudie wurde im Jahr 2009 anhand der aktuell verfügbaren Daten zu Anlieferungsszenarien und Abfällen aktualisiert. Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass von den Transporten von radioaktiven Abfällen in das Endlager Konrad keine Gefahr für die Bevölkerung, das Transportpersonal und die Umwelt ausgeht. Es wurde untersucht, welche Strahlenbelastung in der Region Salzgitter durch die Abfalltransporte selbst und durch nicht auszuschließende Transportunfälle entstehen können. Für den Transport der Abfälle zeigen die Berechnungen, dass die zusätzliche Strahlenbelastung für direkte Anwohner maximal 0,02 Millisievert pro Jahr beträgt. Das sind zwei Prozent des geltenden Grenzwertes von 1 Millisievert. In Bezug auf mögliche Transportunfälle ergibt sich, dass im ungünstigsten Fall, mit dem im statistischen Mittel etwa alle zehn Millionen Jahre zu rechnen ist, die Strahlenbelastung im Abstand von 150 Metern vom Unfallort etwa 8 Millisievert erreichen könnte. Der zur Orientierung herangezogene Störfallplanungswert von 50 Millisievert wird damit deutlich unterschritten. Insgesamt liegen die potenziellen Strahlenbelastungen nach der aktualisierten Transportrisikoanalyse deutlich unter den entsprechenden Ergebnissen der Studie von 1991.

## UMSETZUNG DER WASSERRECHTLICHEN NEBENBESTIMMUNGEN AUS DEM PLANFESTSTELLUNGSBESCHLUSS KONRAD

Implementation of Additional Groundwater-related Requirements as Imposed in the Konrad Licence

Ansprechpartner:

Peter Brennecke (030 18333-1900)

*In radioactive waste disposal attention must be paid not only to radiological impacts but also to impacts of chemotoxic waste package constituents. The permission according to water law indeed as annex 4 to the Konrad license particularly includes quantitative limitations on maximum masses of 94 non-radioactive substances (waste package constituents). The transfer of these limitations and their implementation into practicable measures is one of the most important challenges currently faced. Main results are included in an amendment (draft) of the Konrad waste acceptance requirements as of October 2009.*

Die gehobene wasserrechtliche Erlaubnis (Anhang 4 zum Planfeststellungsbeschluss (PFB) Konrad vom 22. Mai 2002) zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen im Endlager Konrad dient dem Schutz des Grundwassers. Sie begrenzt gemäß Grundwasserverordnung und Niedersächsischem Wassergesetz die Einlagerung von nichtradioaktiven Bestandteilen der Abfallgebinde, die das oberflächennahe Grundwasser schädlich verändern können. In dieser Erlaubnis werden 94 nichtradioaktive schädliche Stoffe mit ihren maximal einlagerbaren Massen angegeben. Zum Nachweis, dass diese Massen nicht überschritten werden, müssen diese Stoffe erfasst und bilanziert werden.

Bei der Einführung eines Verfahrens zur Umsetzung der wasserrechtlichen Nebenbestimmungen wird dem Grundgedanken gefolgt, analog zur Ableitung und Anwendung von Radionuklidvektoren vorzugehen und die stoffliche Charakterisierung der endzulagernden radioaktiven Abfälle in Form von Stoffvektoren vorzunehmen.

Die Umsetzung dieses Grundgedankens erfolgt im Rahmen der Erarbeitung einer umfangreichen Stoffliste, die durch eine Behälterliste ergänzt wird. Die Stoff- und Behälterliste enthalten die erforderlichen Angaben zur stofflichen Beschreibung und Zusammensetzung der im Endlager Konrad einzulagernden Abfallgebinde. Sie enthalten insbesondere eindeutige Stoff- und Behälterbezeichnungen bzw. -beschreibungen, Spezifikationen der Abfallstoffe und Behälterwerkstoffe, Informationen über gefahrenrelevante Eigenschaften, Herstellerangaben, sowie Angaben über die Anteile der nichtradioaktiven schädlichen Bestandteile und Schwellenwerte zur Beschreibung der stofflichen Zusammensetzung (Beschreibungsschwellenwerte) wie auch zur Erfassung und Bilanzierung der nichtradioaktiven schädlichen Bestandteile (Deklarationsschwellenwerte).

Die Stoff- und Behälterliste sind „lebendige“ Dokumente. Findet der Ablieferungspflichtige/Abführungsp-

pflichtige seinen zu beschreibenden Abfall oder Behälter nicht in der Stoff- bzw. Behälterliste, muss er Stoffvektoren für die Beschreibung seiner typischen Abfallströme oder die Behälter zur Aufnahme in die jeweilige Liste beantragen. Das BfS überprüft die Richtigkeit der Angaben und identifiziert diejenigen Inhaltsstoffe, die gemäß der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis nicht oder nur in begrenzter Menge in das Endlager Konrad eingelagert werden dürfen. Die eingereichten Stoffvektoren/Behälter werden nach Freigabe durch das BfS und Zustimmung durch den zuständigen Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) in die Stoff- bzw. Behälterliste aufgenommen. Die Richtigkeit der Beschreibung der Zusammensetzung durch den Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen wird im Rahmen der Produktkontrolle durch das BfS überprüft. Die eingelagerten Massen nichtradioaktiver schädlicher Stoffe werden vom BfS für die Dauer der Betriebsphase des Endlagers Konrad sowie für jedes laufende Betriebsjahr bilanziert.

Gemäß der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis sind Spurenverunreinigungen bei den Mengenermittlungen und der Bilanzierung nichtradioaktiver schädlicher Stoffe nicht zu berücksichtigen.

Als Spurenverunreinigungen werden die Massenanteile eines Stoffes in einem Abfallgebinde betrachtet, bei deren Unterschreitung nachteilige Veränderungen im oberflächennahen Grundwasser ausgeschlossen werden können (Deklarationsschwellenwerte). Die Deklarationsschwellenwerte werden aus den gefahrenrelevanten Eigenschaften des jeweiligen Stoffes abgeleitet.

Mit einem rechnerischen Nachweis wird gezeigt, dass durch die nicht zu erfassenden und nicht zu bilanzierenden Spurenverunreinigungen (Schlupf) in Zusammenwirkung mit den zulässigen Massen der im Anhang 4 zum Planfeststellungsbeschluss Konrad aufgeführten 94 Stoffe und alle zu den dort genannten Gruppen zählenden relevanten Stoffe keine nachteilige Veränderung des oberflächennahen Grundwassers zu besorgen ist.

Die Anforderungen, die sich aus der Umsetzung der Nebenbestimmungen der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis ergeben, werden in die revidierten Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad aufgenommen. So sind in den Endlagerungsbedingungen Konrad die Beschreibungs- und Deklarationsschwellenwerte für die nichtradioaktiven schädlichen Stoffe gemäß der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis angegeben. Daneben wurde vom BfS für die Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen eine zusammenfassende Beschreibung der Vorgehensweise zur Umsetzung der wasserrechtlichen Nebenbestimmungen in Form eines internen Arbeitsberichtes erstellt.

Für die Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen wurden mehrere Informationsveranstaltungen durchgeführt, auf denen das Konzept des BfS zur Umsetzung

der wasserrechtlichen Nebenbestimmungen vorgestellt und diskutiert wurde. Dieses Konzept wird von der zuständigen Behörde und ihrem Gutachter abschließend geprüft. Parallel dazu werden Anträge gestellt und als Einträge in die Stoff- und Behälterliste geprüft. Ziel ist es, bis zum 31. März 2010 abschließende Stellungnahmen der Abfallverursacher zu erhalten. Daran wird sich die abschließende Unterlagenüberarbeitung und Prüfung durch die zuständige Wasserbehörde anschließen. Sofern alle Voraussetzungen erfüllt sind, ist mit Erteilung einer Zustimmung zu rechnen. Anschließend ist die Veröffentlichung der revidierten Endlagerungsbedingungen Konrad, der Maßnahmen zur Produktkontrolle (radiologisch, stofflich) und der zusammenfassenden Beschreibung zur Umsetzung der wasserrechtlichen Nebenbestimmungen vorgesehen.

## ENDLAGER FÜR RADIOAKTIVE ABFÄLLE MORSLEBEN (ERAM)

Morsleben Repository for Radioactive Waste (ERAM)

Ansprechpartner:

Harald Kronemann (030 18333-1830)

*In the Morsleben repository for radioactive waste (ERAM) altogether approximately 37,000 m<sup>3</sup> of low-level and medium-level radioactive waste had been disposed of from 1971 to 1998. The plan-approval procedure for the decommissioning of the ERAM is carried out by the Saxony-Anhalt State Ministry for Agriculture and the Environment (MLU). After having examined the corresponding documents filed by BfS, the Ministry stated that the decommissioning applied for is basically realisable and initiated the public display of the application documents in October and November 2009. Approximately 12,000 objections have been raised on this issue which are currently being dealt with. The public hearing relating to the objections will probably take place in the second half of the year 2010. The technical installations and mine openings of the ERAM will remain in operation until the start of the decommissioning measures. Currently, selected cavities in the central part of the Bartensleben mine are being back-filled with salt concrete to permanently maintain the stability of mine openings in that area.*

### Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM

Das BfS betreibt in Sachsen-Anhalt das ehemalige Endlager der DDR für schwach- und mittelradioaktive Abfälle Morsleben (ERAM).

Zwischen 1971 und 1998 wurden mit Unterbrechungen insgesamt ca. 37.000 m<sup>3</sup> schwach- und mittelradioaktive, nicht Wärme entwickelnde Abfälle eingelagert. Der Einlagerungsbetrieb wurde 1998 eingestellt. Seit dem endgültigen rechtswirksamen Verzicht auf die weitere Einlagerung von radioaktiven Abfällen im Jahre 2001 befindet sich das ERAM in einem Offenhaltungsbetrieb. Dies bedeutet, dass keine radioaktiven Abfälle Dritter mehr angenommen und eingelagert werden. Unabhängig

von dem werden die technischen Einrichtungen und Grubenbaue des ERAM bis zum Beginn der Stilllegungsmaßnahmen unterhalten. Das Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM wurde mit Schreiben vom 13.10.1992 beim MLU beantragt. Im September 2005 wurden die Unterlagen für die Öffentlichkeitsbeteiligung an die Genehmigungsbehörde, das Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (MLU), übergeben. Diese Unterlagen wurden durch das MLU geprüft. Nach den daraus resultierenden Überarbeitungen wurden die für die Öffentlichkeitsbeteiligung erforderlichen Unterlagen im Februar 2009 überarbeitet. In der Zeit vom 22. Oktober bis 21. Dezember 2009 hat das MLU die Unterlagen öffentlich ausgelegt. Insgesamt gingen bis zum Ende der Einwendungsfrist ca. 12.000 Einwendungen beim MLU ein. Wesentliche Inhalte der Einwendungen und Stellungnahmen sind dabei:

- Kritische Hinterfragung der Stilllegungsmaßnahmen hinsichtlich ihres Umfangs und der Zeitdauer wegen der Auswirkung auf die betroffenen Gemeinden (Staub, Lärm, Verkehr, Erschütterungen usw.).
- Fragen zur Wirksamkeit der Stilllegungsmaßnahmen im Hinblick auf die langzeitwirksame Isolierung der endgelagerten Abfälle von der Biosphäre.
- Verfahrensalternativen, wobei hierbei der Schwerpunkt auf Fragen zur Rückholbarkeit liegt.
- Fragen zur beantragten Endlagerung der derzeit zwischengelagerten radioaktiven Abfälle (Strahler im Untertagemessfeld, „Ra-Fass“).
- Unvollständig dokumentiertes Inventar.
- Nicht hinreichend bekannte geologische und hydrogeologische Verhältnisse.

Mit der Einleitung der Öffentlichkeitsbeteiligung hat das MLU die grundsätzliche Realisierbarkeit der geplanten Stilllegungsmaßnahmen im Sinne des langzeitsicheren Abschlusses der radioaktiven Abfälle von der Biosphäre anerkannt. Bereits im Vorfeld und auch parallel zur Auslegung fanden mehrere Informationsveranstaltungen des BfS, verschiedener Umweltverbände und Bürgerinitiativen zum Thema „Stilllegung des ERAM“ statt, die ein breites Interesse fanden. Wegen des auch weiterhin bestehenden Öffentlichkeitsinteresses am Fortschritt der Planungen zur Stilllegung und an den sicherheitstechnischen Ergebnissen der vorgesehenen Stilllegungsmaßnahmen sind vom BfS relevante Verfahrensunterlagen zum ERAM über die Homepage des BfS zugänglich gemacht worden.

Die eingereichten Verfahrensunterlagen (derzeit ca. 180) wurden und werden vom MLU unter Einschaltung von Gutachtern geprüft.

Das BfS setzt derzeit Planungsarbeiten zur Stilllegung des ERAM mit größerer Planungstiefe fort. Die wichtigsten Aufgaben im Zuge der weiteren Planungsarbeiten sind die Detailplanungen für das Abdichtungs- und Verfüllkonzept. So wird derzeit ein großtechnischer Versuch in der Grube Bartensleben vorbereitet, der die technische Machbarkeit der geplanten langzeitstabilen Abdich-

tungsbauwerke aus Salzbeton und die Einhaltung der an sie gestellten Anforderungen (Dichtheit) nachweisen soll.

Insgesamt besteht das Stilllegungskonzept aus einer Kombination folgender Maßnahmen:

- Verfüllung großer Bereiche des ERAM zur Minimierung von Senkungen an der Erdoberfläche (ca. 4 Mio. m<sup>3</sup> Salzbeton).
- Abdichtung von Einlagerungsbereichen mit dem Ziel der langzeitlichen Isolierung der radioaktiven Abfälle (21 horizontale Abdichtungen, eine Abdichtung eines Rolloches).
- Offenlassen ausgewählter Hohlräume als Sammel- und Mischungsvolumen (ca. 1,1 Mio. m<sup>3</sup>) für sich bildende Gase (Korrosion von Metall u. ä.) und zutretende Lösungen.

Die Einwendungen der BürgerInnen und die Stellungnahmen von Gemeinden, Kommunen, Vereinen und Verbänden werden analysiert, bearbeitet und im Rahmen des vom MLU durchzuführenden Erörterungstermins öffentlich erörtert.

Das Ergebnis der Öffentlichkeitsbeteiligung und die Prüfung der Verfahrensunterlagen dienen der Genehmigungsbehörde MLU als Grundlage für den Planfeststellungsbeschluss.

#### **Bergbauliche Gefahrenabwehrmaßnahme im Zentralteil**

Im Zentralteil der Grube Bartensleben des ERAM ist es aufgrund der etwa 80-jährigen Standzeit der dortigen Steinsalzabbau und der dichten Lage dieser großen Hohlräume dringend notwendig geworden, dem fortschreitenden Standsicherheitsverzehr entgegenzuwirken und eine Stabilisierung vorzunehmen. Seit dem Jahr 2003 werden daher Verfüllarbeiten im Rahmen einer Gefahrenabwehrmaßnahme nach Bergrecht durchgeführt. Ziel ist es, die Integrität der darüber befindlichen Salzbarriere gegen das Deckgebirge auf Dauer zu erhalten und die Gebrauchstüchtigkeit des Grubengebäudes für die Umsetzung der geplanten Stilllegung zu gewährleisten. Als Versatzmaterial wird Salzbeton aus Zement, Steinsalz, Sand, Kalksteinmehl und Wasser angemischt. Von der übertägigen Pumpsanlage wird der Salzbeton durch eine rund 1.500 m lange Förderrohrleitung in die zu verfüllenden Hohlräume in 380 bis 460 m Tiefe gefördert. Mittlerweile wurde durch das Einbringen von mehr als 800.000 m<sup>3</sup> Salzbeton in 24 ehemalige Abbaukammern das offene Hohlraumvolumen erheblich reduziert und die darüberliegenden Gebirgsschichten weiträumig unterstützt. Durch geomechanische Messsysteme wird das Gebirgsverhalten laufend überwacht. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse haben bisher bereits zu einigen Ergänzungen der Verfüllung geführt.

Nach diesen Überwachungsergebnissen zeigt sich, dass in einer bislang nicht für die Verfüllung vorgesehenen benachbarten und abgesperrten Abbaukammer ein größerer Firstfall mit potenziellen Bruchmassen von mehreren tausend Tonnen zu befürchten ist. Um dem entgegenzuwirken, werden bis ca. Anfang 2011 zusätzlich rund 150.000 m<sup>3</sup> Salzbeton in drei weitere



**Holzschalung für die Verfüllung mit Salzbeton im Zugang zum Abbau 3s auf der 4. Sohle**

Abbaukammern, in denen keine radioaktiven Abfälle lagern, gepumpt. Durch diese Arbeiten wird das Grubengebäude für die zukünftige Stilllegungsphase weiter stabilisiert.

## **ERKUNDUNGSBERGWERK GORLEBEN**

Gorleben Exploratory Mine

Ansprechpartner:

Hans-Volker Rhein (030 18333-1810)

*From 1979 until 2000, the Gorleben salt dome in Lower Saxony was investigated for its suitability to host a repository for all types of radioactive waste. Since 1 October 2000, there has been a moratorium on the Gorleben site comprising the stop of all exploration work for at least 3, at maximum 10 years and only permitting the mine be kept open (i. e. maintenance of the mine). In the coalition agreement of the currently governing parties it was set out at the end of 2009 that the moratorium on Gorleben will be lifted immediately and the exploration be continued without the outcome being known. Further commitments on this issue have not been made so far.*

1979 wurde im niedersächsischen Landkreis Lüchow-Dannenberg mit der Untersuchung des Salzstocks Gorleben auf seine Eignung als Endlager für alle Arten radioaktiver Abfälle begonnen.

Seit dem 1. Oktober 2000 gilt – wie zwischen Energieversorgungsunternehmen und der Bundesregierung vereinbart – für das Erkundungsbergwerk Gorleben ein Moratorium. Die Erkundungsarbeiten wurden für längstens 10 Jahre bis zur Klärung konzeptioneller und sicherheitstechnischer Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle gestoppt, da eine weitere untertägige Erkundung nicht zur Beantwortung dieser Fragen beitragen kann.

Im Erkundungsbergwerk Gorleben sind mehrere Sohlen angelegt. Neben der eigentlichen Erkundungssohle in einer Teufe von 840 m unter der Geländeoberfläche (-820 m NN), auf der im Wesentlichen die geowissenschaftlichen und geotechnischen Untersuchungen bis zum Beginn des Moratoriums am 1. Oktober 2000 durchgeführt wurden, sind noch weitere "technische" Sohlen in 820 m Teufe (Abwettersohle), 880 m Teufe (Fördersohle) und 930 m Teufe (Schachtunterfahrung) angelegt, die sich jedoch auf den schachtnahen Bereich beschränken. Insgesamt sind bisher etwa 7 km Strecken (ca. 234.000 m Hohlraum) aufgeföhren sowie geologische und geotechnische Bohrungen mit einer Gesamtlänge von ca. 16.000 m hergestellt.

Von den neun ursprünglich geplanten Erkundungsbereichen des Salzstockes ist bisher der Erkundungsbereich 1 (EB 1) sowie der schachtnahe Infrastrukturbereich (Werkstätten, Arbeits- und Lagerräume) errichtet. Die untertägigen geowissenschaftlichen Untersuchungen und Erkundungsarbeiten im Erkundungsbereich sind bedingt durch das am 1.10.2000 in Kraft getretene Gorleben-Moratorium noch nicht abgeschlossen.

Auf dem Betriebsgelände befinden sich neben den beiden Schachtförderanlagen mit den zugehörigen Tagesanlagen wie Schachthalle, Verladeanlage, Seilfahrbrücke ein Büro- und Kauengebäude, ein Magazin mit Werkstatt, ein Bohrkernlager sowie weitere Funktionsgebäude. Etwa 1 km außerhalb des Bergwerksgeländes ist die Salzhalde für das geförderte Haufwerk angelegt. Hier wurden bisher ca. 600.000 t Salz abgelagert.

Es gibt bis heute keine abschließende Eignungsaussage zum Standort Gorleben. Die Eignung des Standortes Gorleben für die Errichtung und den Betrieb eines End-

lagers für radioaktive Abfälle kann erst mit Abschluss des atomrechtlichen Planfeststellungsverfahrens durch das niedersächsische Umweltministerium als zuständige atomrechtliche Genehmigungsbehörde frühestens 2025 festgestellt werden. Dies setzt zunächst voraus, dass die untertägige Erkundung abgeschlossen und ausgewertet, eine entsprechende Endlagerplanung durchgeführt sowie eine standortspezifische Sicherheitsanalyse auf der Grundlage der Erkundungsdaten und Planungen mit dem positiven Nachweis für die Betriebssicherheit und die Langzeitsicherheit durchgeführt worden ist. Die Ergebnisse müssen dann in einen atomrechtlichen Planfeststellungsantrag fließen.

Seit der Einstellung der Erkundungsarbeiten am 01. Oktober 2000 beschränken sich die Tätigkeiten im Erkundungsbergwerk Gorleben im Wesentlichen auf notwendige Unterhaltungs-, Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten sowie Mess- und Dokumentationsarbeiten, um das Erkundungsbergwerk im Offenhaltungsbetrieb zu betreiben und die bisherigen Investitionen und Erkundungsergebnisse nicht zu entwerten. Entsprechend angepasste Betriebspläne (Rahmen- und Hauptbetriebsplan) wurden der zuständigen Genehmigungsbehörde (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, LBEG) vorgelegt und vom LBEG zugelassen.

Um für den Fall einer Entscheidung für die Wiederaufnahme der Arbeiten für das Endlagerprojekt Gorleben vorbereitet zu sein, hat das BfS 2009 ein Konzept für die Wiederaufnahme der weiteren Erkundungsarbeiten am Standort Gorleben erarbeitet. In dem Bericht werden die notwendigen weiteren Arbeiten und Schritte für eine Wiederaufnahme und Weiterführung der Erkundungsarbeiten am Standort Gorleben unter Berücksichtigung der vom BMU erstellten „Sicherheits-

anforderungen für die Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle“ ausgewiesen und zusammenfassend dargestellt.

Am 15.03.2010 hat der Bundesumweltminister mitgeteilt, dass das Moratorium zur Erkundung des Salzstockes Gorleben als Endlager für radioaktive Abfälle aufgehoben wird. Das BMU hat das weitere Vorgehen festgelegt und die Steuerung des Vorgehens übernommen.

Auf der Basis einer vorläufigen Sicherheitsanalyse, eines aktualisierten Endlagerkonzeptes und eines internationalen Peer-Review-Prozesses soll in einem



Luftbild der übertägigen Anlagen des Erkundungsbergwerkes am Standort Gorleben

schrittweisen Vorgehen zunächst geprüft werden, ob Gorleben als Endlager geeignet sein könnte. Wenn nach dieser Erkundungsphase der Betreiber eine Eignungsaus-sage grundsätzlich treffen kann, wird anschließend ein atomrechtliches Planfeststellungsverfahren eingeleitet.

#### 1. Schritt: Abstimmung der Sicherheitsanforderungen

Die „Sicherheitsanforderungen für die Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle“ sollen bis zum 1. Oktober 2010 mit den Bundesländern abge-stimmt und im Bundesanzeiger veröffentlicht werden.

#### 2. Schritt: Internationales Peer-Review-Verfahren

Eine vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorle-ben sowie ein Endlagerkonzept soll bis Ende 2012 vorge-legt und anschließend in einem internationalen Peer-Review-Verfahren beurteilt werden. Der Peer-Review-Prozess soll im ersten Halbjahr 2013 abgeschlossen sein.

#### 3. Schritt: Erkundung und Erstellung von Planunterlagen

Bis zum Ende der nächsten Legislaturperiode, d. h. innerhalb von sieben Jahren, soll die Erkundung, ein-schließlich der Erstellung von Planunterlagen für ein atomrechtliches Planfeststellungsverfahren für ein End-lager Gorleben, abgeschlossen sein.

Vor dem Hintergrund der Befristung der Betriebspläne für das Erkundungsbergwerk Gorleben bis 30. Septem-ber 2010 hat das BfS die Vorbereitungen zur Erstellung eines Verlängerungsantrages zum Rahmenbetriebsplan und zur Erstellung eines Hauptbetriebsplanes für die weitere Erkundung eingeleitet.

## NUKLEARE ENTSORGUNGSKONVENTION

Convention on Nuclear Waste Management

Ansprechpartner/in:

Peter Brennecke (030 18333-1900)

Karin Kugel (030 18333-1910)

*From 11 to 20 May 2009 the Third Review Meeting of the Contracting Parties of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioac-tive Waste Management was held at the Headquarters of the IAEA in Vienna. More than 500 delegates from forty-five contracting parties participated in this review mee-ting, including delegates from five new contracting parties (China, Nigeria, Tajikistan, Senegal and South Af-rica). There were a lively and constructive discussion and exchange of experiences in the review process.*

Am 1. Oktober 1997 unterzeichnete die Bundesrepublik Deutschland das „Gemeinsame Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Ab-fälle“ (*Nukleare Entsorgungskonvention* unter [www.bfs.de/endlager/joint\\_convention\\_de\\_en.pdf](http://www.bfs.de/endlager/joint_convention_de_en.pdf)), das am 18.06.2001 in Kraft getreten ist. Deutschland gehört zu den 48 Signatarstaaten des „Gemeinsamen Übereinkom-mens“.

Die Ziele des Übereinkommens sind,

- weltweit einen hohen Stand der Sicherheit der Entsorgungseinrichtungen zu erreichen und zu erhalten,
- wirksame Vorkehrungen gegen mögliche Gefah-ren mit radiologischen Folgen durch Entsorgungseinrichtungen zu schaffen und langfristig zu be-wahren.

Auf regelmäßig stattfindenden Konferenzen der Vertrags-parteien wird alle drei Jahre überprüft, wie die Vertrags-staaten diese Zielsetzung erfüllen. Die Vertragsparteien sind verpflichtet, dazu schriftliche Berichte vorzulegen, die auf diesen Konferenzen diskutiert und bewertet wer-den. Auf Grundlage des von jeder Vertragspartei vorzule-genden nationalen Berichtes haben die Vertragsstaaten die Möglichkeit, in Form von schriftlich vorgelegten und mündlichen Fragen während der Überprüfungs-konferenz die jeweilige nationale Entsorgungspolitik, z. B. im Hin-blick auf gesetzliche und administrative Grundlagen oder die Umsetzung der Entsorgungspolitik, in einzelnen Pro-jekten kritisch zu hinterfragen.

Vom 11. bis 20. Mai 2009 fand die dritte Überprüfungs-konferenz des Gemeinsamen Übereinkommens über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemen-te und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle bei der Internationalen Atomenergie-Organisati-on (IAEA) in Wien statt. An dieser Überprüfungs-konferenz nahmen etwa 500 Delegierte aus 45 Vertragsstaaten teil.

Die Vertragsparteien wurden in sechs Ländergruppen eingeteilt. Erstmals hatte ein Vertreter aus Deutschland den Vorsitz einer Ländergruppe. Dr. Peter Brennecke leitete den Überprüfungsprozess in der Ländergruppe 2, zu der Belorussland, China, Estland, Frankreich, Se-negal, Slowakei, Südafrika und Litauen gehörten. Deutschland war gemeinsam mit Italien, Island, Korea, Lettland, Schweiz, Norwegen und Uruguay in der Län-dergruppe 5, deren Vorsitz Frau Merle Lust aus Estland hatte.

Die Grundlagen für die deutsche Präsentation waren der nationale Bericht vom Oktober 2008 (BR-Drucksache 771/08 vom 16. Oktober 2008) sowie wichtige Ent-wicklungen nach diesem Zeitpunkt und Fragen der anderen Vertragsparteien zum deutschen Bericht. Zum Bericht der Bundesrepublik Deutschland für die dritte Überprüfungs-konferenz wurden durch die anderen Ver-tragsparteien des Gemeinsamen Übereinkommens ins-gesamt 120 schriftliche Fragen gestellt.

Die Präsentation beinhaltete folgende fünf Schwerpunkte:

- Wesentliche Entwicklungen bei der Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfä-le seit der zweiten Überprüfungs-konferenz.
- Die Endlagerung radioaktiver Abfälle, insbesonde-re die Einrichtung des Endlagers Konrad, und Fra-gen im Zusammenhang mit der Stilllegung der Endlager Morsleben und Asse.



Plenarsaal der dritten Überprüfungs-konferenz

- Die Sicherheitskriterien für die Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle (bestrahlte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle).
- Die Sanierung der Altlasten der WISMUT.
- Die Freigabepaxis in Deutschland.

Im Ergebnis der Diskussion des deutschen Berichts durch die Vertragsparteien wurden im Bericht des Rapporteurs folgende Punkte als Herausforderungen für die zukünftige Arbeit genannt:

- Im Hinblick auf die Zielsetzung für die Inbetriebnahme eines Endlagers für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle im Jahr 2030 wurden bislang keine Entscheidungen getroffen. Die Standortauswahl für ein solches Endlager muss definiert und implementiert werden.
- Die Regelungen für die Rückstellungen für die sichere Entsorgung von radioaktiven Abfällen und bestrahlten Brennelementen müssen Transparenz gewährleisten.
- Für die Stilllegung des Endlagers Morsleben sind die Endlagerhöhlräume zu verschließen. Im Hinblick auf den Verschluss der Schachanlage Asse ist die langfristige radiologische Sicherheit zu gewährleisten. Entsprechende Nachweise sind zu entwickeln.

Durch die Vertragsparteien wurde im Rahmen der Überprüfungs-konferenz die ausreichende Lagerkapazität für bestrahlte Brennelemente aus Kernkraftwerken bis zu deren Stilllegung hervorgehoben. Darüber hinaus wurde die Einrichtung der Entsorgungskommission (ESK) begrüßt sowie die Anstrengungen für die langfristige Gewährleistung von Kompetenz auf dem Gebiet der Entsorgung radioaktiver Abfälle. Die enge Einbindung der (möglicherweise) betroffenen Bevölkerung bei der Entwicklung der Sicherheitskriterien für die Endlagerung von Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle wurde begrüßt.

Im Ergebnis der dritten Überprüfungs-konferenz wurde von den Vertragsparteien übereinstimmend festgestellt, dass seit der zweiten Überprüfungs-konferenz Fortschritte erreicht wurden. Dennoch besteht insbesondere auf den Gebieten

- der Entwicklung von langfristigen nationalen Strategien für die Entsorgung von radioaktiven Abfällen und bestrahlten Brennelementen, hier besonders bei der Standortauswahl,
- der Behandlung von radioaktiven Abfällen aus Altlasten,
- der Zusammenarbeit mit den Verursachern radioaktiver Abfälle und der Öffentlichkeit,
- der Kontrolle ausgedienter umschlossener radioaktiver Quellen einschließlich des Umgangs mit vabundierenden Quellen,
- des Wissensmanagements und der Gewinnung von qualifiziertem Personal

weiter erheblicher Handlungsbedarf.

Die Vertragsparteien stimmten darin überein, dass es im Rahmen der dritten Überprüfungs-konferenz einen intensiveren Gedankenaustausch als bei den vergangenen Konferenzen gegeben hat. Die Transparenz und Offenheit der Berichterstattung der Vertragsparteien hat zugenommen.

Die vierte Überprüfungs-konferenz wird vom 7. bis 16. Mai 2012 stattfinden. Die nationalen Berichte müssen bis zum 7. Oktober 2011 vorgelegt werden.

## GRUNDSÄTZE DER ANLAGENSICHERUNG IM BfS

Basics of the Security of Nuclear Installations

Ansprechpartner:

Norbert Esser (030 18333-1920)

*Protection of facilities against malicious acts by technical and administrative means is one of the legal prerequisites to obtain a license for the storage or transportation of nuclear material. In addition to the existing regulations the BfS follows a holistic way in securing its own facilities. Besides the above mentioned means the employees of facilities operated by the BfS are trained in soft-skills as de-escalation techniques. This combination leads to a maximum positive public perception by simultaneously achieving the main goals of the security of nuclear installations.*

Der Begriff „Anlagensicherung“ umfasst alle technischen, administrativen und personellen Maßnahmen zum Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD). Rechtliche Grundlagen bilden internationale Übereinkommen und Regelwerke sowie nationale Gesetze, Verordnungen und Richtlinien.

Das Bundesamt für Strahlenschutz prüft in Genehmigungsverfahren nach §§ 4 und 6 AtG (Beförderungs-

Aufbewahrungsgenehmigung in Zwischenlagern) die Sicherungsmaßnahmen.

#### **Genehmigungsverfahren für Zwischenlager nach § 6 AtG**

Im Rahmen von Genehmigungsverfahren nach § 6 Atomgesetz (AtG) werden umfassende Prüfungen zur Sicherung des zu genehmigenden Zwischenlagers durchgeführt.

Die Voraussetzungen für diese Genehmigung sind neben der Zuverlässigkeit des Betreibers, der Vorsorge gegen Schäden nach dem Stand von Wissenschaft und Technik und der Vorsorge für die Erfüllung gesetzlicher Schadensersatzverpflichtungen insbesondere die Gewährleistung des erforderlichen Schutzes gegen Störmaßnahmen und sonstige Einwirkungen Dritter.

In diesem Zusammenhang spielt das integrierte Sicherungs- und Schutzkonzept eine wichtige Rolle. Die Grundlage ist, dass der Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter grundsätzlich Aufgabe staatlicher Organe (Polizei) ist. Der Betreiber der zu genehmigenden Anlage übernimmt durch eigene administrative und technische Sicherungsmaßnahmen einen Basisschutz.

Beide Säulen des Konzepts werden im Genehmigungsverfahren miteinander abgestimmt, um die Schutzziele bei kerntechnischen Anlagen zu erreichen.

So muss eine Gefährdung von Leben und Gesundheit infolge der Freisetzung einer erheblichen Menge radioaktiver Stoffe verhindert werden. Weiterhin ist die Entwendung von Kernbrennstoffen in Mengen, mit denen ohne Rückgewinnung, Wiederaufarbeitung oder Anreicherung die Möglichkeit der unmittelbaren Herstellung einer sich selbst erhaltenden kerntechnischen Kettenreaktion (kritische Anordnung) gegeben ist, zu verhindern.

Das weite Spektrum an Sicherungsmaßnahmen wird im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach § 6 AtG durch unabhängige Dritte begutachtet (Gutachter) und durch das BfS bewertet. Das Bundesumweltministerium, die beteiligten Landesbehörden und die Antragsteller werden im Rahmen der Behördenbeteiligung bzw. des rechtlichen Gehörs beteiligt. Die zusammenfassende Bewertung dieses Verfahrens wird als Schreiben zur Anlagensicherung Bestandteil der zu erteilenden Genehmigung.

#### **Eigene kerntechnische Anlagen**

Das BfS besitzt eigene kerntechnische Anlagen wie das Endlager für radioaktive Abfälle in Morsleben (ERAM), das Endlager ASSE II (Remlingen) sowie das Endlager Konrad (Salzgitter). Die Genehmigungsbehörden sind die jeweils zuständigen Landesbehörden. In diesen Fällen ist das BfS Anlagenbetreiber und bringt Sicherheitskonzeptionen in das Genehmigungsverfahren und in den Betrieb der Endlager ein. Die Sicherungsmaßnahmen orientieren sich am kerntechnischen Regelwerk und werden seitens der jeweiligen Genehmigungsbehörde geprüft und deren Einhaltung von der atomrechtli-

chen Aufsicht für Endlager (EÜ), einem eigenständigen Referat des BfS, überwacht.

#### **Beratende Funktion**

Bei anderen eigenen Anlagen, welche nicht dem Atomrecht zuzuordnen sind, liegt der Tätigkeitsschwerpunkt in amtsintern beratender und unterstützender Funktion.

Unter anderen eigenen Anlagen sind alle mit Hausrecht des Bundesamtes für Strahlenschutz versehenen Grundstücke und Bauwerke zu verstehen, z. B. das Erkundungsbergwerk Gorleben, die Endlager Asse, Konrad und Morsleben sowie die Dienstgebäude des BfS.

Dabei sind z. B. einschlägige Vorschriften außerhalb des Atomrechtes zu beachten. So kann im Einzelfall eine Schwachstellenanalyse Optimierungspotenzial auf dem Gebiet der Anlagensicherung ergeben.

#### **Ganzheitlicher Ansatz**

Die Sicherung von Anlagen verfolgt neben der Erfüllung der rechtlichen Rahmenbedingungen einen ganzheitlichen Ansatz. Anlagenübergreifende Ziele sind der Schutz von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie der Schutz vor Beschädigung wesentlicher Anlagenteile.

Bei der Bewältigung von besonderen Lagefällen unterstützt das Sachgebiet interne Abläufe der Administration und berät die Entscheidungsträger.

Unter besonderen Lagen sind alle nicht betriebsbedingten, von außen auf den Betrieb der eigenen Anlage wirkenden Vorgänge zu verstehen, die geeignet sind, die Sicherheit und Sicherung der Anlage zu beeinträchtigen und für das Bundesamt für Strahlen-



Erkundungsbergwerk Gorleben Schachtturm mit Schachthalle

schutz Außenwirkung zu entfalten. Dazu gehören insbesondere Demonstrationen, Kundgebungen, Menschenansammlungen in örtlicher Nähe von eigenen Anlagen.

Um flexibel auf dynamische Lagen vorbereitet zu sein, sind neben den technischen Maßnahmen schwerpunktmäßig Mitarbeiterschulungen ein weiterer Baustein, um die Schutzziele zu erreichen. Dabei werden Deeskalationsstrategien eingesetzt, welche das eingesetzte Perso-

nal bei Konflikten mit Dritten in die Lage versetzt, situationsangemessen zu reagieren.

Der ganzheitliche und im Ergebnis zur Deeskalation führende Ansatz umfasst auch eine kritische Prüfung, welche Außenwirkung der technische Schutz gegenüber verschiedenen Interessengruppen aufweist. Dabei sind intelligente Lösungen zu bewerten, um den erforderlichen Schutz bei geringstmöglicher negativer Außenwirkung sicherzustellen.

# 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 auf den Gebieten der Reaktorsicherheit, der nuklearen Ver- und Entsorgung und des Strahlenschutzes 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 nicht-ionisierender 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, Forschungsinstituten, 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. 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. Beispiele für wesentliche, auch in die Zukunft gerichtete Themenfelder des UFOPLAN sind auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit methodische Weiterentwicklungen der probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke, Werkstoffprüfung und Alterungsmanagement von Anlagenteilen. Auf dem Gebiet der Entsorgung sind die Weiterentwicklung der Methoden der Langzeitsicherheitsanalyse und die Bewertung von Standorten und relevanten Prozessen im Hinblick auf die Sicherheit von Endlagern hervorzuheben. Für den Strahlenschutz sind die biologischen Wirkungsmechanismen und gesundheitlichen Auswirkungen der nichtionisierenden Strahlung in den verschiedenen Frequenzbereichen, die Freigabe von Reststoffen aus der Stilllegung kerntechnischer Einrichtungen und die Anwendung ionisierender Strahlung und starker elektromagnetischer Felder in der medizinischen Diagnostik als wesentliche Themen zu nennen. Im Jahr 2009 wurden vom BfS insgesamt 201 Untersuchungsvorhaben administrativ betreut. Hiervon lag für 133 Vorhaben die fachliche Begleitung und Projektsteuerung bei Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des BfS. An Mitteln wurden dem BfS im Jahr 2009 für die Vergabe von Untersuchungen, Studien und Gutachten der BMU-Ressortforschung 7,4 Millionen Euro für den Strahlenschutz und 20,75 Millionen Euro für die kerntechnische Sicherheit vom BMU zur Verfügung gestellt. Zur Information der fachlich interessierten Öffentlichkeit werden Abschlussberichte aus Ressortforschungsvorhaben, die vom BfS fachlich begleitet wurden, in die BfS-Schriftenreihe "Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz" aufgenommen und als pdf-Dateien zum Download auf der Internetseite des BfS bereitgestellt.

Nachstehend werden Zielsetzung, Vorgehensweise und Gegenstand des UFOPLAN exemplarisch anhand einzelner Vorhaben aus den verschiedenen Arbeitsfeldern des BfS verdeutlicht.

## WIE HOCH IST DIE MAGNETFELDBELASTUNG BEIM AUTOFAHREN MIT ELEKTRISCHER ENERGIE?

Powering Cars with Electric Energy - Is there any Significant Magnetic Field Exposure?

Ansprechpartner:

Dirk Geschwentner (030 18333-2148)

*Alternative drive systems will soon become key technologies for automotive industries. Electro-hybrid or purely electric drive systems bring high power electric and electronic components like electric motors, inverters, and batteries into motorcars. Currents, that are routed in close proximity to passengers' or drivers' seats may lead to significant magnetic field exposure. As no reliable data on this matter is available up to now, systematic measurements inside of different vehicles have been carried out in the course of a research project. The recordings were assessed according to the ICNIRP guidelines and according to the draft standard DIN VDE 0840-3-1, in order to evaluate possible electromagnetic interference with cardiac pacemakers.*

Reine Elektro- sowie Elektro-Hybridantriebe, bei denen ein herkömmlicher Verbrennungsmotor mit einem Elektromotor kombiniert wird, rücken zunehmend in den Forschungs- und Entwicklungsfokus der Automobilindustrie. Alle namhaften Hersteller beschäftigen sich mit derartig alternativen Antriebskonzepten und erste Serienfahrzeuge sind bereits auf dem Markt erhältlich. Mit dem nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität unterstützt die Bundesregierung Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet. Ziel ist, dass bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf bundesdeutschen Straßen fahren. Die neuen Antriebskonzepte erfordern zusätzliche leistungsstarke elektrische bzw. elektronische Komponenten (Elektromotoren, Leistungselektronik, Batterien), die sich in unmittelbarer Nähe zu den Fahrzeuginsassen befinden. Aus strahlenschutztechnischer Sicht stellt sich die Frage nach den von diesen Komponenten bzw. von der Verkabelung verursachten Magnetfeldbelastungen. Bislang lagen hierzu keine belastbaren Daten vor. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurden daher die Magnetfelder in mehreren derzeit verfügbaren Fahrzeugen mit Hybrid- oder reinem Elektroan-

trieb messtechnisch ermittelt und entsprechend den empfohlenen Grenzwerten zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bewertet. Neben Personenkraftwagen wurden auch ein Hybridbus für den öffentlichen Personennahverkehr sowie mehrere Nutzfahrzeuge untersucht.

Die Messungen erfolgten unter stationären Lastbedingungen auf einem Leistungsprüfstand für Kraftfahrzeuge sowie unter realen Bedingungen bei Messfahrten im öffentlichen Straßenverkehr oder auf abgesperrten Strecken.

Magnetfelder traten bei Frequenzen von wenigen Hertz bis etwa 80 kHz auf. Die Feldstärken waren abhängig vom Einbauort der Batterien, von der Positionierung der Leitungen zum Elektromotor sowie vom aktuellen Betriebszustand des Fahrzeugs, also von Geschwindigkeit, Drehmoment oder Ladezustand der Batterien. In den Pkws mit Hybridantrieb lagen die lokal auftretenden Maximalwerte bei 29 bis 35 % des Referenzwertes für die allgemeine Bevölkerung, in den reinen Elektrofahrzeugen zwischen 3 und 25 %. Im untersuchten Nahverkehrsbus wurden am höchst exponierten Fahrgastplatz Magnetfelder in Höhe von 19 % des Referenzwertes festgestellt. Am Fahrerplatz ergaben die Messungen maximale Werte im Bereich des Kopfes von ca. 2,6 % des Referenzwertes für beruflich exponierte Personen, entsprechend 13 % des Referenzwertes für die allgemeine Bevölkerung.

Auf den Fahrer- und Beifahrerplätzen traten die höchsten Werte zumeist im Fuß- oder Unterschenkelbereich auf. Auf den Rückbänken fanden sich die Höchstwerte, bedingt durch die Lage der Batterien im Heck der Fahrzeuge und aufgrund der Kabelführung, zumeist im Unterleibsbereich. Ein Vergleich mit Werten, die im Fahrgastbereich von Eisenbahnzügen auftreten, zeigt, dass diese etwa in der gleichen Größenordnung liegen. In Eisenbahnzügen ist allerdings mit einer gleichmäßigeren räumlichen Verteilung der Feldstärken zu rechnen. Auch sind die Frequenzzusammensetzungen unterschiedlich.

Die Bewertung der auftretenden Felder im Hinblick auf mögliche elektromagnetische Störbeeinflussungen von implantierten Herzschrittmachern ergab keine Hinweise auf mögliche Gefährdungen.



Links: Pkw mit Hybridantrieb auf einem Leistungsprüfstand; rechts: Öffentlicher Nahverkehrsbus mit Hybridantrieb

**Zusammenfassung und Bewertung**

Die in Fahrzeugen mit alternativen Antriebskonzepten gemessenen Expositionswerte liegen unterhalb der international vorgeschlagenen Referenzwerte. In vielen Fällen waren die Werte nicht höher als in elektrisch angetriebenen, öffentlichen Verkehrsmitteln. Auch in einem konventionell mit Benzinmotor angetriebenen Pkw wurden ähnlich hohe Feldstärken gefunden.



Messung mit Magnetfeldsonde an definierten Messpunkten am Beifahrerplatz eines Fahrzeugs mit Elektro-Hybridantrieb

Einflüsse von elektrischen Verbrauchern wie z. B. Gebläsemotor oder Sitzheizung sind hierbei relevant. Die Höhe der maximal auftretenden Immissionen zeigt sowohl in den Fahrzeugen mit alternativen Antriebskonzepten als auch in konventionellen Fahrzeugen eine große Variationsbreite und ist offenbar nicht nur abhängig vom jeweiligen Antriebskonzept, sondern auch von der Anordnung und der spezifischen Bauart der elektrischen Komponenten sowie vom Zeitverlauf der auftretenden Ströme.

Im Bereich der Fondsitze, die häufig von Kindern belegt werden, ergaben sich in einigen Fällen bei Frequenzen zwischen 40 und 60 Hz zeitlich und über Körperdimensionen gemittelte Expositionen, die bei stationären Fahrverhältnissen in der Größenordnung von 0,4 % des Referenzwertes lagen. Zeitlich und örtlich begrenzt wurden auch höhere Werte beobachtet. Hinzu kommen Expositionen bei anderen Frequenzen. Vor dem Hintergrund, dass die Weltgesundheitsorganisation niederfrequente magnetische Felder als möglicherweise kanzerogen einstuft, sollten die Fahrzeughersteller im Sinne eines vorsorgenden Strahlenschutzes bei der weiteren Entwicklung von Fahrzeugen mit elektrischen Antrieben gezielt konstruktive Maßnahmen ergreifen, die zu einer weiteren Reduzierung möglicher Belastungen auch unterhalb der Grenzwerte führen.

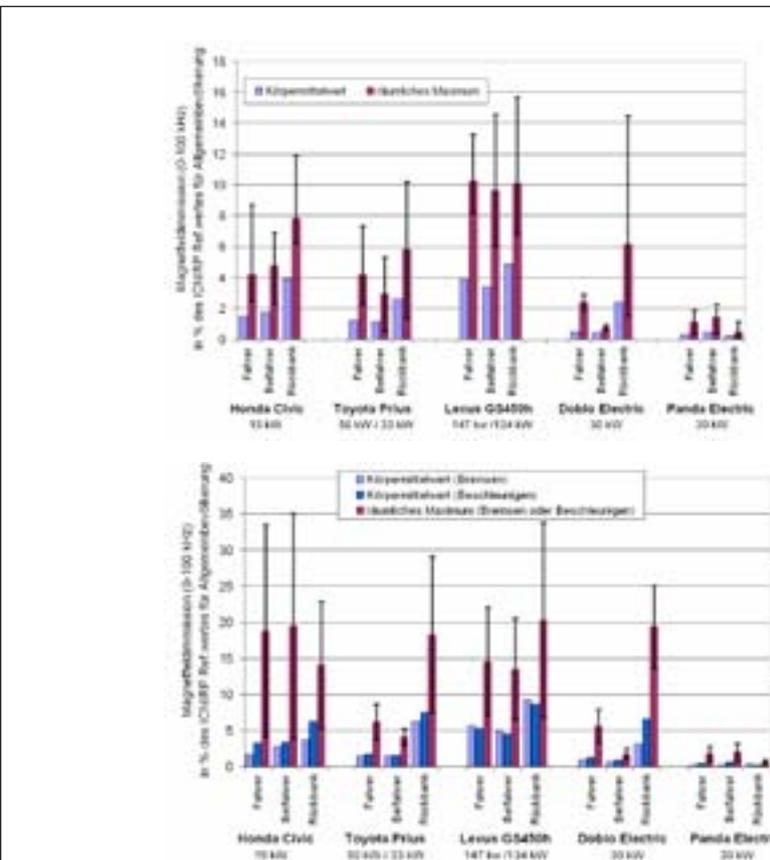
**ELEKTRISCHE UND MAGNETISCHE FELDER VON STROMTRASSEN**

Electric and Magnetic Fields of Power Lines

Ansprechpartner:

Dirk Geschwentner (030 18333-2148)

*Electric and magnetic fields in the vicinity of overhead and underground high-voltage power lines have been assessed both by measurements and calculations. The contributions of power lines to the overall magnetic field exposure in dwellings have been investigated. In case of worst case exposure conditions, i. e. maximum power loads field intensities up to 52 µT, resp. 9 kV/m, can be measured underneath the overhead power lines which are included in this study. No electric fields can be found in corridors for underground cables, as these are shielded by the soil. The magnetic field from underground cables may reach levels of more than 100 µT. Outside of the corridors of underground power cables the decrease in magnetic field strength is generally much steeper than for overhead lines. Accordingly, people living in dwellings in equal distances to overhead or underground lines may be exposed to magnetic fields quite differently, if fields from other sources like electric appliances or workplace installations are not taken into account.*



Magnetfeldimmissionen in den untersuchten Pkw an verschiedenen Sitzplätzen, oben unter stationären Lastverhältnissen (konstante Geschwindigkeit und konstantes Drehmoment), unten während Beschleunigungs- und Verzögerungsphasen. Die Fehlerindikatoren zeigen den Variationsbereich der Maximalimmissionen in Abhängigkeit des Lastzustandes (Geschwindigkeit und Lastmoment) an.

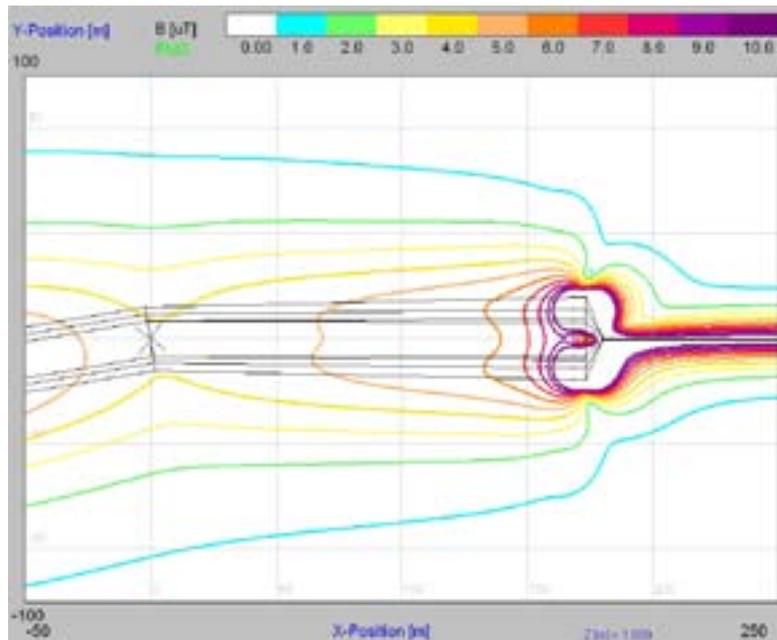
In Deutschland wird zunehmend Strom aus erneuerbaren Energien gewonnen und in die Transport- und Verteilnetze der Stromversorgungsunternehmen eingespeist. Während z. B. die geplanten Offshore-Windparks vor den Küsten von Nord- und Ostsee große Mengen an

<b>Grenzwerte gemäß 26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz</b>	Elektrische Feldstärke E	Magnetische Flussdichte B
Frequenz der Stromversorgung (50 Hz)	5.000 V/m	100 $\mu$ T

Strom aus Windenergie produzieren sollen, liegen die verbrauchsstarken Ballungsgebiete in der Mitte und im Süden Deutschlands. Der Ausbau der Stromgewinnung aus regenerativen Energien führt daher zu einem steigenden Bedarf an Netzkapazität für den Stromtransport. Vielerorts bestehen Widerstände gegen den Bau von Freileitungen. Die Gründe sind entweder gesundheitliche Bedenken bezüglich der verursachten magnetischen Felder oder Aspekte des Naturschutzes. Es wird eine Verlegung von Erdkabeln als Alternative zu Freileitungen geprüft. Ziel dieses Vorhabens war es, mittels messtechnischer Untersuchungen und unter Zuhilfenahme von Simulationsrechnungen aktuelle Daten über Immissionen in der Umgebung von Freileitungen und Erdkabeln der Hoch- und Höchstspannungsebene zu bestimmen und damit Aussagen zur tatsächlichen Exposition von Menschen zu ermöglichen.

### Elektrische Felder

Die durchgeführten Messungen haben gezeigt, dass bei 380-kV-Freileitungen im Bereich des stärksten Durch-



Mittels eines Simulationsmodells rechnerisch bestimmte magnetische Flussdichten entlang einer der untersuchten 380-kV-Höchstspannungstrassen unter der Annahme höchster betrieblicher Anlagenauslastung (Isolinien-Darstellung). In diesem Beispiel ist auf der linken Seite das an einen Abspannmast angrenzende Spannfeld einer Freileitung gezeigt, während auf der rechten Seite der Übergang zu einem Erdkabelabschnitt vorliegt. Der Einwirkungsbe- reich quer zur Trasse ist bei dem Erdkabel kleiner, die Feldstärken können wie in diesem Fall lokal begrenzt aber höher sein.

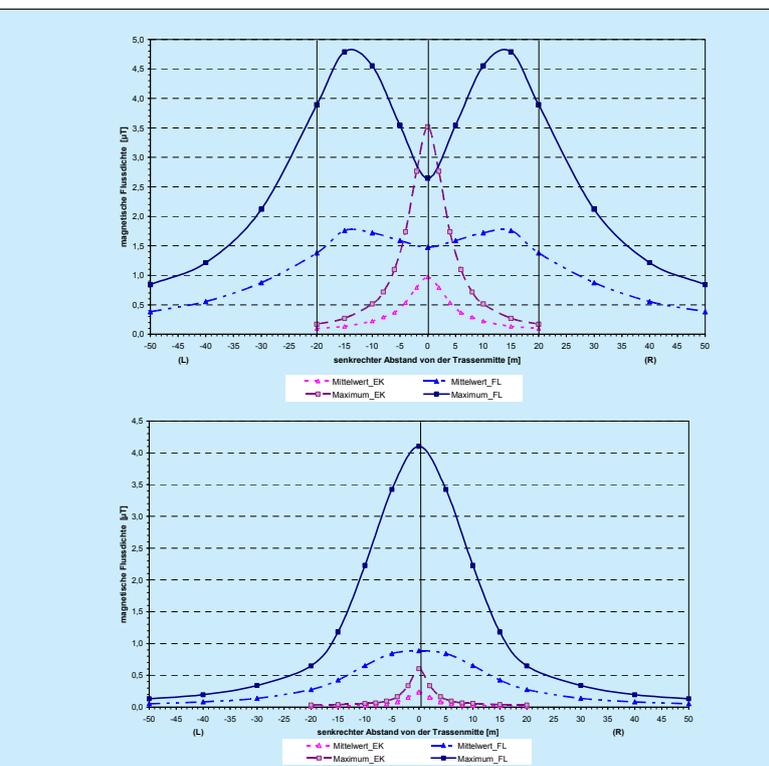
hangs der Leiterseile, also in der Mitte zwischen zwei benachbarten Masten, der Grenzwert von 5 kV/m erreicht und auch überschritten sein kann. Dies ist nur statthaft, wenn keine Wohnungen, Krankenhäuser oder z. B. Schulen in der Nähe sind. Maximal wurden etwa 6 kV/m gemessen. Mit seitlichem Abstand zur Trasse nehmen die Feldstärken schnell ab. Bei den untersuchten Freileitungen der niedrigeren Spannungsebenen (110 kV und 220 kV) wurden insgesamt keine Überschreitungen des Grenzwerts festgestellt.

Erdkabel verursachen in der allgemein zugänglichen Umgebung keine elektrischen Felder, da das Erdreich für elektrische Felder eine natürliche Abschirmung darstellt.

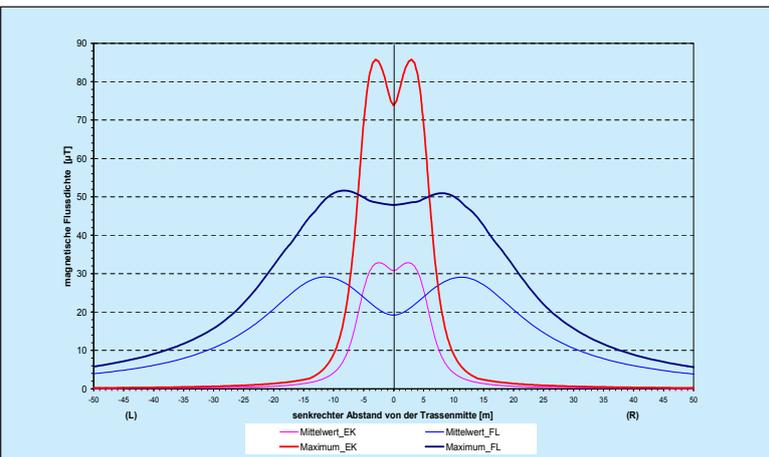
### Magnetische Felder

Magnetische Felder werden durch das Erdreich nur wenig abgeschwächt, so dass diese sowohl in der Umgebung von Freileitungen wie auch von Erdkabeln auftreten können. Da gebräuchliche Baumaterialien ebenfalls kaum abschirmende Wirkung aufweisen, dringen die Felder auch in Gebäude ein. Die unter aktuellen und somit in der Praxis real vorkommenden Lastbedingungen gemessenen höchsten Werte für die magnetische Flussdichte wurden unter 380-kV-Freileitungen und über 380-kV-Erdkabeln gefunden.

Die Abbildung links zeigt, dass im Vergleich zu Freileitungstrassen bei Erdkabelsystemen mit zunehmendem Abstand von der Trassenmitte eine deutlich frühere und



**Maximalwert- und Mittelwert-Querprofile der an verschiedenen Trassen unter aktuellen Lastbedingungen gemessenen magnetischen Flussdichten in 1 m Höhe über dem Erdboden; Vergleich Freileitungen (FL) und Erdkabel (EK); oben: 380/220 kV, unten 110-kV-Spannungsebene**



**Magnetische Flussdichten an 380-/220-kV-Freileitungs-(FL) und Erdkabeltrassen (EK): Maximalwert- und Mittelwert-Querprofile der ausgehend von den aktuellen Messwerten an Messpunkten in 1 m Höhe über dem Erdboden für den maximalen Betriebszustand berechneten magnetischen Flussdichten aller im Rahmen des Vorhabens untersuchten Freileitungs- und Erdkabelkonfigurationen (FL: 15 Konfigurationen, EK: 8 Konfigurationen).**

schnellere Abnahme der magnetischen Flussdichte auftritt. Dies ist auf die kompaktere Verlegung der Einzelkabel bei Drehstrom-Erdkabelsystemen, verglichen mit den Aufhängekonstruktionen der Freileitungsmasten, zurückzuführen.

Der in einer Höhe von 1 m über dem Erdboden unter der Annahme maximaler betrieblicher Anlagenauslastung festgestellte Höchstwert wurde über einem 380-kV-Erdkabel gefunden und betrug 86  $\mu\text{T}$  (Mikrotesla).

#### Häusliche Magnetfeldexpositionen

Zu den in Wohnungen auftretenden Immissionen und den damit verbundenen Expositionen von Personen tragen nicht nur die magnetischen Felder der in der Nähe verlaufenden Stromtrassen bei, sondern auch die Felder der im Haus betriebenen elektrischen Geräte oder der hausinternen Elektroinstallation. Die in Wohnungen ermittelten Magnetfeld-Immissionen hängen daher sehr stark vom Abstand zu im Betrieb befindlichen Geräten und Leitungen ab. Entsprechend variabel können die resultierenden Belastungen sein.

In einem Mindestabstand von 1 m zu hausinternen Quellen (mit Netzstrom betriebene Geräte, Leitungen in Wänden und Decken) wurden in Wohnungen, die fernab von Freileitungen und Erdkabeln der Hoch- und Höchstspannungsebene lagen, Magnetfelder im Bereich von 0,01 bis 0,08  $\mu\text{T}$  gemessen. Ähnlich niedrige Werte wurden bei den zum Zeitpunkt der Messung herrschenden Lastzuständen von 380-kV-Freileitungen erst bei Abständen von etwa 45 bis 170 m zur Trassenmitte beobachtet. Bei den untersuchten 380-kV-Erdkabeltrassenabschnitten wurden mittlere Immissionswerte in dieser Größenordnung bereits bei Abständen von etwa 20 bis 35 m nicht mehr überschritten.

## ZUSAMMENWIRKEN VON UV- UND INFRA-ROT-STRAHLUNG BEI DER KREBSENTSTEHUNG

Interaction between UV and Infrared Radiation during Carcinogenesis

Ansprechpartnerin:

Anne Dehos (030 18333-2143)

*Infrared (IR) radiation is a component of the solar spectrum at the earth surface. Man-made IR sources are increasingly used for cosmetic and wellness purposes. In both cases IR is delivered in combination with ultraviolet (UV) radiation. The interactions between IR and UV are not well studied yet, in particular with regard to UV-induced skin cancer. In this project the influence of IR on UV-induced apoptosis and carcinogenesis was investigated. It was demonstrated that pre-treatment with IR reduces UVB-induced apoptosis in vivo and in vitro. This effect is mediated by the regulation of apoptosis-related proteins and by the induction of DNA repair. Since UV-induced apoptosis is a protective mechanism eliminating DNA-damaged cells and thus preventing carcinogenesis, the impact of IR on photocarcinogenesis in mice was studied. Preliminary data suggest that the occurrence of UV-induced skin tumors is neither enhanced nor accelerated in IR-treated animals. In contrast, once formed tumors in IR-pre-treated mice seem to grow more aggressively.*

Aufgrund des veränderten Freizeitverhaltens und der immer noch allgemein verbreiteten Meinung, dass braune Haut ein Zeichen von Gesundheit und gutem Aussehen sei, setzen sich die Menschen nach wie vor in einem hohen Maß der Sonnenstrahlung aus. Das Spektrum der Sonnenstrahlung beinhaltet neben UV-Strahlung und sichtbarem Licht auch einen beträchtlichen Anteil an Infrarot (IR)-Strahlung. Hinzu kommt die Strahlenbelastung durch künstliche UV- und IR-Strahler, die in zunehmendem Maß im Wellness-Bereich (z. B. Solarien und Anti-Ageing-Therapie) eingesetzt werden.

### Apoptose

oder programmierter Zelltod ist ein „Selbstmordprogramm“ von Zellen. Zellen, die Schäden am Erbmateriale (DNA) tragen, werden auf diese Weise aus dem Organismus entfernt. Die geschädigten Zellen könnten z. B. Krebs verursachen.

### DNA

oder Desoxyribonukleinsäure befindet sich im Zellkern. Sie ist Trägerin des Erbmaterials.

### UVB-Strahlung

ist der energiereichere Anteil an der ultravioletten Strahlung der Sonne, der die Erde erreicht. Sie ist maßgeblich verantwortlich für die Entstehung von Sonnenbrand und Hautkrebs.

Das Zusammenwirken der IR-Strahlung mit der UV-Strahlung, insbesondere bei der Entstehung von Hautkrebs, sind noch wenig untersucht. Bekannt ist, dass eine Vorbehandlung mit Wärme den durch UV-Strahlung induzierten apoptotischen Zelltod verhindert. Eine Verhinderung der Apoptose durch IR-Strahlung könnte ein erhöhtes Hautkrebsrisiko zur Folge haben. Daher wurde in diesem Projekt die Frage untersucht, ob IR-Strahlung die gleiche Wirkung hat wie Wärme und wie die DNA-Reparatur durch IR-Strahlung ggf. beeinflusst wird. Außerdem sollte geklärt werden, ob und wenn ja wie sich die beobachteten Wirkungen auf die Hautkrebsentstehung auswirken.

Zunächst wurden Hautzellen der Maus (Keratinocyten) mit IR-Strahlung und drei Stunden später mit UVB-Strahlung exponiert. Dabei zeigte sich eine deutliche Verringerung des Zelltods im Vergleich mit Zellen, die nur mit UVB bestrahlt worden waren (siehe Abbildung). Nach übermäßiger UVB-Bestrahlung treten diese apoptotischen Zellen als Sonnenbrandzellen in Erscheinung. Durch eine Vorbehandlung mit IR-Strahlung wurde in Mäusen die Zahl dieser Sonnenbrandzellen in Hautbiopsien gegenüber nur UVB-bestrahlten Tieren signifikant verringert.

Im nächsten Schritt konnte gezeigt werden, dass sich die IR-Vorbestrahlung auf einige Proteine auswirkt, die mit der Auslösung der Apoptose in Zusammenhang stehen. Während UV-Strahlung zu Proteinveränderungen führt, die in der Gesamtheit eine Verstärkung der Apoptose bewirken, wirkt die IR-Strahlung diesem Vorgang entgegen.

Eine Verringerung der Apoptose könnte ein Weiterleben UV-geschädigter Zellen und damit ein erhöhtes Hautkrebsrisiko zur Folge haben. Überraschenderweise wurde aber in weiterführenden Untersuchungen festgestellt, dass IR-Vorbestrahlung eine bessere Reparatur von DNA-Schäden bewirkt, indem der für UV bedingte Schäden hauptsächlich zuständige Reparaturweg gestärkt wird.

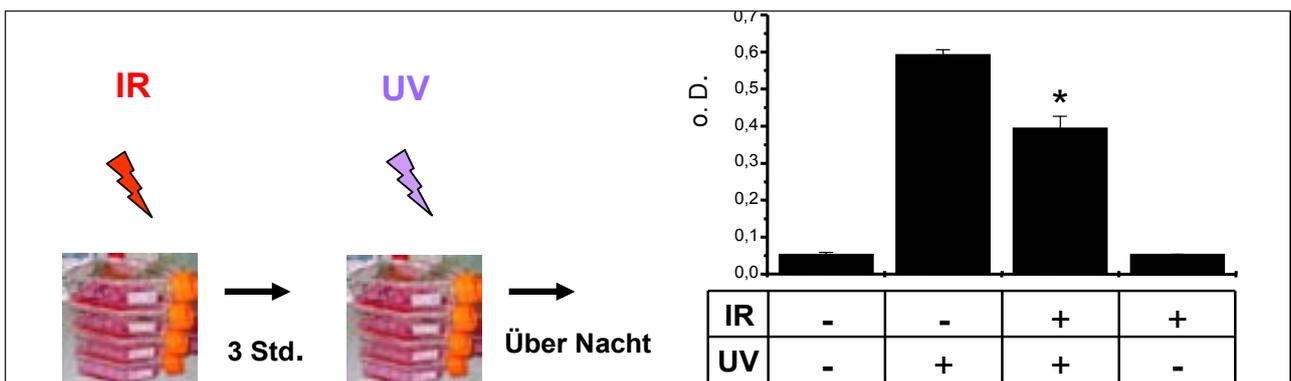
Die nächste Frage war, wie sich die gefundenen Wirkungen der Infrarot-Strahlung im Zusammenspiel auf das Hautkrebsrisiko auswirken, d. h. ob die Reparatur durch Infrarot-Strahlung so weit verbessert wird, dass

trotz der verringerten Apoptose nicht mehr oder evtl. sogar weniger Zellen zurückbleiben, die zu Krebszellen werden können. Dies wurde in einem Langzeitversuch an einem Mausmodell untersucht, wobei ein Teil der Tiere nur mit Infrarot bzw. nur mit UV bestrahlt wurde und eine weitere Gruppe jeweils vor der Bestrahlung mit UVB mit Infrarot behandelt wurde. Die Kontrolltiere wurden nicht bestrahlt. Die nicht bestrahlten Mäuse und auch die nur mit Infrarot bestrahlten Tiere entwickelten keinen Hautkrebs. Die Gesamtzahl der Hauttumoren in der mit Infrarot vorbehandelten Gruppe war genauso groß wie die in der nur mit UVB bestrahlten Gruppe. Allerdings entwickelten sich die Tumoren in der nur mit UVB bestrahlten Gruppe tendenziell etwas früher. Einmal entstandene Tumore wuchsen dann aber in den mit Infrarot vorbehandelten Tieren tendenziell schneller. Auch hinsichtlich der Arten der aufgetretenen Hauttumoren unterschieden sich die mit Infrarot vorbehandelten Mäuse von den nur mit UVB bestrahlten Tieren.

Die Ergebnisse zeigen, dass IR-Strahlung allein und in Kombination mit UV-Strahlung unterschiedliche biologische Wirkungen hat. Eine Vorbestrahlung mit IR-Strahlung hatte kein vermehrtes Auftreten von Hautkrebs zur Folge. Zur genauen Abklärung der Frage, welche Auswirkungen eine Kombination aus IR- und UV-Strahlung auf die Entstehung von Hautkrebs hat, sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Bis vor wenigen Jahren wurden der Infrarot-Strahlung zumindest im niedrigen Intensitätsbereich keine schädlichen Wirkungen zugeschrieben. Diese Auffassung kann unter anderem aufgrund der Ergebnisse dieses Vorhabens nicht aufrecht erhalten werden. Da zur Zeit nicht geklärt ist, wie sich die Infrarot-Strahlung vor allem im Zusammenwirken mit UV-Strahlung letztlich auswirkt, ist ein sorgloser Umgang mit IR-Strahlung im Wellness-Bereich nicht zu empfehlen. Andererseits ist aber auch der Nutzen einer Beimischung von infrarotfiltrierenden Substanzen zu Sonnencremes zu hinterfragen.

Die Forschungsarbeit wurde beim 5th International Congress of Photobiology, der im Juni 2009 in Düsseldorf stattfand, mit dem Arnold-Rikli-Preis ausgezeichnet.



Infrarotstrahlung reduziert den durch UV-Strahlung ausgelösten programmierten (apoptotischen) Zelltod in kultivierten Hautzellen der Maus

## RISIKEN ELEKTROMAGNETISCHER FELDER AUS SICHT DEUTSCHER ALLGEMEINMEDIZINER

Risks of Electromagnetic Fields in the View of General Practitioners in Germany

Ansprechpartnerinnen:

Christiane Pözl (030 18333-2144)  
Cornelia Egblomassé-Roidl (030 18333-2151)

*The study assessed the believe of general practitioners (GPs) in Germany who consider health impacts from electromagnetic fields (EMF) as relevant. Moreover, factors associated with this risk perception are examined. A random sample was drawn from all GPs working in Germany. It was based on lists published online by the Regional Associations of Statutory Health Insurance Physicians. 1867 doctors received an extended version of a self-administered questionnaire about EMF and health, 928 doctors a short version. The resp. response rates were 23 % and 49 %. 37 % of the responders to the short questionnaire expressed the opinion "that there are persons whose health complaints are caused by EMF even if legal limits are met". 57 % of responders to the extended questionnaire agreed to this statement. A late responder analysis of the short questionnaire led to a still smaller estimate of 34 % for GPs believing in health-relevant effects of EMF.*

Für den Umgang mit gesundheitlichen Beschwerden oder Krankheiten in der Bevölkerung spielen die Hausärzte bzw. Allgemeinmediziner (letzter Begriff wird im Folgenden verwendet) eine wichtige Rolle. Die Aussagen eines Arztes können ein zentraler Einflussfaktor für den Umgang von Patienten mit Beschwerden und deren möglichen Ursachen sein. Daher ist es wichtig, dass die Verhaltensempfehlungen von Ärzten evidenzbasiert sind, d. h. auf dem Stand medizinischer Wissenschaft und Forschung beruhen. Andernfalls könnten Ratschläge eines Arztes ggf. zu einer Verschlechterung der Patientensituation führen. Im Bereich der elektromagnetischen Felder (EMF) könnte dies z. B. zu einer nicht gerechtfertigten Identifizierung elektromagnetischer Felder als Beschwerdeerursacher und zu einem Außerachtlassen anderer möglicher Ursachen oder gar zu einer Erhö-

### Median

„Zentralwert“. Die Hälfte der Daten sind kleiner bzw. größer als der Median. Nicht zu verwechseln mit dem

### Mittelwert

der den Durchschnitt aller Zahlen bildet. "Ausreißer" (Extremwerte) beeinflussen diesen Mittelwert stark.

### Odds Ratio (OR)

auch Chancenverhältnis genannt; es werden 2 Wahrscheinlichkeiten (Odds) für das Eintreffen bzw. Nicht-eintreffen eines Ereignisses miteinander verglichen.

Ein OR von

- genau 1 bedeutet, es gibt keinen Unterschied in den Odds;
- > 1 bedeutet, dass die Odds (Wahrscheinlichkeiten) der ersten Gruppe größer sind;
- < 1 bedeutet, dass die Odds der ersten Gruppe kleiner sind.

### Konfidenzintervall (KI)

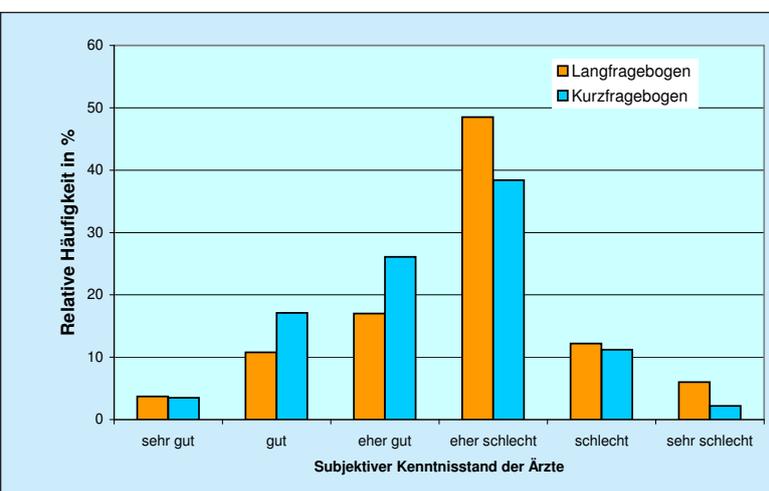
ist jener Wertebereich, der den wahren Messwert mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit enthält.

hung der Belastung der betreffenden Patienten gegenüber elektromagnetischen Feldern führen.

Im Rahmen des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms bemüht sich das BfS, Vertreter von Ärzteiniciativen und niedergelassene Ärzte, die sich intensiv mit der Thematik EMF beschäftigen, verstärkt in die (wissenschaftliche) Diskussion um mögliche Risiken der EMF einzubinden. Die Erfahrungen legen die Notwendigkeit nahe, die Kenntnisse deutsche Allgemeinmediziner über elektromagnetische Felder zu untersuchen und festzustellen, welche Meinungen über elektromagnetische Felder als Beschwerdeerursacher in der Ärzteschaft verbreitet sind.

Zur Klärung dieser Fragen vergab das Bundesamt für Strahlenschutz einen Forschungsauftrag. Für die Befragung wurde von allen in Deutschland tätigen Allgemeinmedizinern und praktischen Ärzten eine (7 %) Zufallsstichprobe gezogen. Es wurden N = 2785 Ärzte in die Befragung einbezogen.

Da bei einer Befragung von Ärzten von einer niedrigeren Antwortrate ausgegangen werden musste, wurde untersucht, ob es durch die niedrige Teilnahmerate zu einer Auswahlverzerrung (Selection Bias) kommt. Dazu wurden zwei Drittel der Ärzte (N = 1867) mit einer Langversion eines Fragebogens angeschrieben. 435 Allgemeinmediziner beantworteten diesen. Ein Drittel (N = 982) erhielt eine Kurzversion des Fragebogens, der von 456 Ärzten beantwortet wurde. Die Rücklaufquote lag somit bei 23 % beim Langfragebogen und 49 % beim Kurzfragebogen.



Subjektiver Kenntnisstand der Ärzte

Fragen	Richtige Antwort			Falsche Antwort		Weiß-nicht-Antwort	
	Antwort	n	%	n	%	n	%
Frequenzen von 100 Hertz werden dem Niederfrequenzbereich zugeordnet.	Ja	243	58,6	35	8,4	137	33,0
Die von Handy ausgesendete Leistung ist umso höher, je besser der Netzempfang ist.	Nein	223	52,7	72	17,0	128	30,3
Für die Bevölkerung in Deutschland liegt die durchschnittliche Exposition durch EMF deutlich unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte.	Ja	205	48,1	25	5,9	196	46,0
Niederfrequente EMF können Reizerscheinungen an Nerven und Muskelzellen auslösen.	Ja	185	43,3	49	11,5	193	45,2
Die spezifische Absorptionsrate (SAR) ist das Maß für die Aufnahme elektromagnetischer Energie, die in Körperwärme umgewandelt wird.	Ja	137	32,7	12	2,9	270	64,4
Bei längeren Handytelefonaten und ungünstigen Empfangsbedingungen kann es im Gehirn zu Temperaturerhöhungen von mehr als einem Grad kommen.	Nein	126	29,6	161	37,8	139	32,6
Je höher die Frequenz von EMF ist, desto größer ist die Eindringtiefe in den Körper.	Nein	111	26,4	168	39,9	142	33,7

### Wissensfragen an Ärzte

Im Langfragebogen gaben insgesamt 57 % der Befragten an, dass es Personen gibt, bei denen durch EMF Gesundheitsbeschwerden selbst bei Einhaltung der Grenzwerte ausgelöst werden. Im Kurzfragebogen waren es insgesamt 37 %. Das Ausmaß der Verzerrungen durch das Antwortverhalten wurde mittels einer zusätzlichen Late-Response-Analyse der Stichprobe des Kurzfragebogens überprüft: Ca. 42 % der schnell Antwortenden hielten einen Zusammenhang zwischen EMF und Gesundheitsbeschwerden für möglich, während es bei den spät Antwortenden nur ca. 32 % waren.

Im Langfragebogen wurden Wissensfragen bzgl. der Eigenschaften und Risiken von EMF abgefragt. Dabei ließen die befragten Ärzte Kenntnislücken erkennen (siehe Tab. oben). Obwohl die Allgemeinmediziner ein hohes Besorgnisniveau wegen EMF hatten und zudem ihren subjektiven Informationsstand als eher schlecht angaben, kannten lediglich ca. 13 % aller Befragten die Fortbildungsangebote zum Thema. Von denen haben wiederum nur ca. 58 % diese Angebote wahrgenommen. Die Mehrheit der Ärzte (87 %) nutzte medizinische Fachzeitschriften als Informationsquelle. Als besonders hilfreich wurden Internetseiten angegeben, die in ca. 50 % der Fälle genutzt wurden. Ca. 9 % der Ärzte nutzten das Informationsangebot des BfS. Über 70 % der Befragten schätzen das BfS als vertrauenswürdig ein. Etwa ebenso vertrauenswürdig schätzen sie die WHO ein.

Etwa zwei Drittel aller Befragten gaben an, dass EMF als mögliche Ursache gesundheitlicher Beeinträchtigungen in ihren Patientengesprächen innerhalb des letzten Jahres vor der Befragung mindestens einmal zur Sprache gekommen war. Im Median (s. Infokasten) gaben die Ärzte an, dass bei den Konsultationen aus dem letzten Jahr bei drei Patienten im Jahr die Thematik von EMF-Beschwerden eine wesentliche Rolle spielte. Als vermutete Quellen der Gesundheitsbeschwerden wurden am häufigsten Sendemasten genannt. Zweithäufigste Quelle waren die Handys, gefolgt von Trafostationen. Die geäußerten Gesundheitsbeschwerden waren Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Kreislaufbeschwerden, Unruhe und Konzentrationsstörungen.

In 72 % der Konsultationen äußerte nur der Patient die Vermutung eines

Zusammenhangs zwischen den EMF und gesundheitlichen Beeinträchtigungen, in ca. 6 % nur der Allgemeinarzt und in den restlichen 22 % vermuteten Arzt und Patient einen Zusammenhang. In knapp der Hälfte dieser Konsultationen wurde eine Schutzmaßnahme vorgeschlagen, davon am häufigsten die Entfernung von elektrischen Geräten, am zweithäufigsten ein Wohnortwechsel.

Allgemeinmediziner und praktische Ärzte, die eine alternativmedizinische Zusatzausbildung absolviert haben, stellen mit statistisch signifikant höherer Wahrscheinlichkeit (OR: 2,26; 95 % KI: 1,45 - 3,52, OR und KI s. Infokasten) einen Zusammenhang zwischen EMF und Gesundheit her als ihre Kollegen ohne derartige Zusatzausbildung.

Die gewonnenen Erkenntnisse zeigen, dass EMF-Konsultationen in Arztpraxen teilweise erhebliche Konsequenzen für den Patienten haben können. Die Beratungsergebnisse stehen oft nicht mit dem Stand von Wissenschaft und Forschung im Einklang.

Daraus ergibt sich aus Sicht des BfS, dass Informationen zum Thema EMF stärker für Allgemeinmediziner und praktische Ärzte angeboten werden sollten, um den Allgemeinmediziner bei der Patientenberatung zu unterstützen. Gerade die Institutionen wie das BfS, hier auch in seiner Rolle als WHO-Kooperationszentrum oder die

WHO selbst, in die die Ärzte ein hohes Vertrauen setzen, bieten sich als Informationsgeber an. Geeignet sind insbesondere Artikel in deutschen Fachzeitschriften für Ärzte, die sowohl in kurz und knapp gehaltenen Stichwortbeschreibungen als auch in Form ausführlicher und umfassender Artikel über das Thema EMF informieren.

## EINFLUSS MENSCHLICHER FAKTOREN AUF DIE ERGEBNISSE VON ZERSTÖRUNGSFREIEN WERKSTOFFPRÜFUNGEN IN KERNKRAFTWERKEN

Influence of Human Factors on the Results of Non-destructive Material Testing in NPPs

Ansprechpartner:

Jan Mahlke (030 18333-1542)

*Human performance has a significant influence on the quality of testing results. Therefore, the influence of human factors on the quality of the results of non-destructive testing has been investigated in order to obtain a method that allows to quantify this influence and to reduce adverse effects. For this research programme this has been showcased by varying time pressure when conducting ultrasonic testing of weld joints. Time pressure means in this context not only the given time frame, but how the time pressure is sensed by the workers conducting the tests. This "sensed time pressure" is influenced by various parameters like e. g. the comprehensibility of the testing instructions. As result of the research programme a method to measure psychological influences on the quality of testing results, that can be used for other parameters than time pressure as well, has been developed, and also recommendations on testing procedures were given.*

Die Qualität der Ergebnisse von Fertigungs- und wiederkehrenden Prüfungen mittels zerstörungsfreier Prüfverfahren (ZfP) hängen von unterschiedlichen Einflüssen ab. Dies gilt insbesondere für den Faktor Mensch. Die maßgeblich beeinflussenden Faktoren sind bekannt, zum Ausmaß ihres Einflusses konnten jedoch bisher keine konkreten Aussagen gemacht werden. In einem Untersuchungsvorhaben, das vom BfS betreut wurde, wurde der Einfluss der Arbeitsbedingungen der prüfenden Personen auf die Qualität der Prüfung untersucht.

Zentrale Fragestellung des Vorhabens war es, welchen Einfluss der menschliche Faktor auf das Ergebnis einer zerstörungsfreien Werkstoffprüfung hat und welche Möglichkeiten existieren, diesen Einfluss zu bewerten und möglichst gering zu halten. Dieses wurde anhand von manuellen Ultraschallprüfungen untersucht. Alle gewonnenen Ergebnisse sollen später verwendet werden, Methoden zu entwickeln, die es ermöglichen, einen negativen Einfluss des Menschen auf das Prüfergebnis zu erkennen und zu reduzieren, mit dem Ziel, diese später im Regelwerk zu verankern.

Basis war ein Prozessmodell über die Wirkungsweise der verschiedenen Einflussfaktoren, wie es zurzeit bei der Bewertung des menschlichen Einflusses bei zerstörungsfreier Werkstoffprüfung im Rahmen von wiederkehrenden Prüfungen (WKP) in deutschen Kernkraftwerken verwendet wird.

Üblicherweise begegnete man den Unsicherheiten in der ZfP durch Verbesserung der Geräte und Änderungen der Prüfanweisungen. Dabei wurde bisher wenig Augenmerk auf den Faktor Mensch gelegt, obwohl allgemein anerkannt ist, dass das Bedienpersonal die häufigste Ursache für die Leistungsvariation in der Prüfung ist. So wurden insbesondere die subjektiv empfundenen Arbeitsbelastungen der prüfenden Personen untersucht und bewertet.

Ganz allgemein sind die Unterschiede der individuellen Merkmale der prüfenden Person Ursache für die Unterschiede zwischen den Prüfleistungen. Dazu gehören z. B. die Fähigkeit, Fehlstellen visuell zu erkennen, die Erfahrung sowie die Qualifizierung und viele andere mehr. Neben den rein technischen Aspekten wurden auch psychologische Variablen erhoben. Zum Beispiel wird eine Person, die eine niedrige Stressresistenz hat, schlechtere Prüfergebnisse unter Stressbedingungen erzielen. Daher wurde der Einfluss des Zeitdrucks auf die Prüfleistung als Randbedingung genauer untersucht. Speziell der subjektiv empfundene Zeitdruck, der von der Organisation, der Aufsicht während der Prüfung, der Vorbereitung und der Prüfanweisung maßgeblich beeinflusst wird, wurde betrachtet.

Für die Aussagefähigkeit der Untersuchungen war es wichtig, die Bedingungen der Prüfpraxis nachzubilden. Es wurden bei der Untersuchung nur erfahrene Prüfer eingesetzt. Als Prüfaufgaben wurden verschiedene manuelle Ultraschalluntersuchungen an einem Großbehälter gewählt.

In diesem Untersuchungsvorhaben wurden interessante Ergebnisse erzielt, die relevant für die Prüfpraxis sind. Der erhebliche Einfluss einer nicht optimalen Organisati-



Manuelle Ultraschallprüfung am Großbehälter der MPA Stuttgart. Der Großbehälter ist ein unbestrahlter Reaktordruckbehälter, an dem die MPA Prüfungen durchführen kann. (Quelle: MPA Stuttgart)

on auf die Prüfung und deren Ablauf konnte festgestellt werden. Besonders wichtig ist in diesem Zusammenhang der leistungsmindernde Einfluss des subjektiv empfundenen Zeitdrucks. Als weitere wichtige Faktoren, die die Qualität der Prüfergebnisse negativ beeinflussten, stellten sich ungenau definierte Prüfaufgaben, widersprüchliche sowie nicht handhabbare Arbeitsunterlagen, mangelnde Einweisung und unzulängliche Arbeitsbedingungen heraus.

Möglichkeiten zur Minimierung eines negativen Einflusses sehen die Forschungsnehmer in einer verbesserten Planung des Prüfablaufs und einer verbesserten Kommunikation zwischen der „Organisation“ (Prüfaufsichten des Betreibers, der Prüffirmen und der Sachverständigenorganisation) und den prüfenden Personen.

Insgesamt lassen sich das im Rahmen des Vorhabens angewendete Prozessmodell und die Erkenntnisse als geeignete Grundlage für weitere Untersuchungen des Einflusses von Faktoren auf die Zuverlässigkeit zerstörungsfreier Prüfungen ansehen. Da der Aufwand für Prüfkampagnen an einem Großbehälter sehr hoch ist, sollen weitere Untersuchungen auch an transportablen Prüfkörpern mit einfachen Schweißnahtgeometrien durchgeführt werden. Die Prüfgegenstände können dann zu unterschiedlichen Einsatzorten gebracht und zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten in Kombination mit weiteren verschiedenen Einflussfaktoren (z. B. Wärme, Kälte, Dunkelheit, beengte Räume, Prüfen unter Atemschutz) simuliert werden.

## **UNTERSUCHUNGEN ZU GRUNDSATZFRAGEN, ZUR LANGZEITSICHERHEIT UND ZU DEN ANFORDERUNGEN AN DIE AUSLEGUNG EINES ENDLAGERS FÜR WÄRME ENTWICKELNDE RADIOAKTIVE ABFÄLLE**

Investigations on Fundamental Aspects, Long-term Safety and Requirements for a Repository for Heat-generating Radioactive Waste

Ansprechpartner:

Matthias Beushausen (030 18333-1820)

*In the scope of clarifying conceptual and scientific-technical individual questions, the Federal Office for Radiation Protection (BfS) arrives at the conclusion to set the focus of future works relating to radioactive waste disposal in parallel on site-specific safety assessments, in order to accompany the site investigation by that, the site comparison, and the planning of a repository in iterative steps. The objective of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) within the 14th until the 16th legislative period was to examine, apart from the Gorleben site, alternative sites in various geological formations and to carry out a comparison of sites.*

*So far, a comparison of sites on the basis of safety assessments has, if at all, only been pursued basically and thus represents a novelty in Germany. The particular challenge is to develop for different sites in different geological formations and specific repository concepts a scientific examination and evaluation method which allows a comparison. The aforementioned generic objective is to be pursued in the BfS research project "Implementation of comparative safety assessments for repository systems for the evaluation of methods and instruments" (VerSi). With reference to this project, coordinated, further developing, and interacting research projects have been planned dealing with fundamental questions relating to planning, with scenario development, and evaluation, in order to develop and justify an evaluation and comparing method for repository sites.*

Im Rahmen der Klärung von konzeptionellen und wissenschaftlich-technischen Einzelfragen kommt das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) zu dem Schluss, den Fokus zukünftiger Arbeiten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle auf standortspezifische Sicherheitsanalysen zu legen, um damit die Standorterkundung, den Standortvergleich sowie die Planung eines Endlagers parallel in iterativen Schritten zu begleiten. Zielsetzung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) war es in der 14. bis 16. Legislaturperiode, neben dem Standort Gorleben alternative Standorte in unterschiedlichen geologischen Formationen zu betrachten und einen Standortvergleich durchzuführen. Der Weg eines Vergleichs von Standorten auf der Basis von Sicherheitsanalysen ist bisher, wenn überhaupt, nur in Ansätzen verfolgt worden und stellt daher zumindest für Deutschland ein Novum dar. Die Herausforderung liegt insbesondere darin, für unterschiedliche Standorte in unterschiedlichen geologischen Formationen und spezifischen Endlagerkonzepten eine wissenschaftliche Prüf- und Bewertungsmethode zu entwickeln, die einen Vergleich erlaubt. Im Forschungsprojekt des BfS "Durchführung vergleichender Sicherheitsanalysen für Endlagersysteme zur Bewertung der Methoden und Instrumentarien" (VerSi) soll der genannten übergeordneten Zielsetzung nachgegangen werden. In Bezug darauf wurden in einem Verbund stehende Forschungsvorhaben geplant, die sich mit planerischen Grundsatzfragen, mit der Szenarioentwicklung und der Evaluierung auseinandersetzen, um eine Bewertungs- und Vergleichsmethode für Endlagerstandorte zu entwickeln und zu begründen.

## **Untersuchung aktueller planerischer Grundsatzfragen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen**

Das Endlagerkonzept des Bundes und dessen Umsetzung müssen dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen, so dass ein höchstmöglicher Sicherheitsstandard bei der Endlagerung erzielt wird. Dieses Ziel sollte u. a. dadurch erreicht werden, dass Alternativstandorte zum Endlagerstandort Gorleben für ein Endlager für alle Arten von radioaktiven Abfällen und abgebrannte Brennelemente untersucht werden.

Mit den Arbeiten zu diesem Untersuchungsvorhaben sollten und sollen (das Vorhaben wird in 2010 abgeschlossen) aktuelle planerische Grundsatzfragen geklärt werden. Dies gilt für sicherheitstechnische wie auch für verfahrenstechnische sowie konzeptionelle Fragen im Hinblick auf Abwägungen im Vergleich von Standorten und Endlagerkonzepten in verschiedenen Wirtsgesteinen. Mit den durchgeführten Arbeiten wurden wissenschaftliche Sachverhalte, die einem Sicherheits- und Endlagerkonzept für die Realisierung eines Endlagers für hochaktive Abfälle (HAW) und abgebrannte Brennelemente in Deutschland zugrunde zu legen sind, bewertet, so dass dessen Zweckmäßigkeit beurteilt werden kann. Hierzu wurden insbesondere international diskutierte und durchgeführte Endlagerprojekte zusammengestellt und Forschungsergebnisse auf ihre Übertragbarkeit auf deutsche Verhältnisse überprüft. Das Arbeitsprogramm zum Vorhaben wurde in zwei Arbeitspakete mit den folgenden Zielen gegliedert:

**Arbeitspaket 1:** Untersuchung der planerischen Grundlagen für einen Vergleich der Langzeitsicherheit potenzieller Endlagersysteme

**Arbeitspaket 2:** Untersuchung von Möglichkeiten der Datenerhebung von über Tage zur Standortbewertung von Endlagern

Im Rahmen des Arbeitspaketes 1 wurde die Bereitstellung von Sachverhalten und Anforderungen an Anlagenkonzepte unter Berücksichtigung internationaler Erfahrungen für einen Vergleich von unterschiedlichen Endlagerstandorten in Deutschland untersucht. Bei der Standortauswahl und Endlagerrealisierung im Rahmen internationaler Endlagerprojekte wurde der Vergleich und die Abwägung zwischen ausgewählten Standorten und Endlagerkonzepten durchgeführt. Die jeweiligen nationalen Projekte wurden im Hinblick auf die planerischen technischen und konzeptionellen Fragestellungen zum Bau eines Endlagers ausgewertet und auf ein fiktives Endlager in einer Tonformation für die Entwicklung einer Vergleichsmethodik übertragen.

Im Rahmen des Arbeitspaketes 2 wurden Sachverhalte zu Anforderungen an Daten zur Standortbewertung von Endlagern im Vergleich und von Möglichkeiten ihrer Erhebung von über Tage bereitgestellt. Dabei war insbesondere festzustellen, welche Daten von über Tage zur Langzeitsicherheit eines Endlagers für einen Standortvergleich erhoben werden können. Hierzu wurden die in den für Deutschland maßgeblichen internationalen Endlagerprojekten von über Tage durchgeführten Untersuchungen eruiert und die aus ihnen gewonnenen Daten dahingehend bewertet, ob sie einen Beitrag zum Vergleich und zur Abwägung von Endlagersystemen (Standort und Konzept) liefern können.

## Evaluierung der Methodik und Instrumentarien zum Vergleich von Langzeitsicherheitsanalysen

Ziel dieses Einzelvorhabens ist es herauszufinden, ob sich eine Methode entwickeln lässt, die einen Langzeitsicherheitsvergleich unterschiedlicher Endlagersysteme ermöglicht. Dabei kommen im Hinblick auf einen möglichst langfristigen Einschluss der radioaktiven Abfälle im geologischen Untergrund insbesondere hydraulisch relativ dichte Gebirgsformationen in Betracht. In Deutschland sind dies im Wesentlichen Salz und Tongesteine. Vor einem Vergleich von Standorten sollen Kriterien für die Sicherheit und die Auswahl der Standorte festgelegt werden. Mit Hilfe von Sicherheitsanalysen erfolgt eine systematische und nachvollziehbare Überprüfung eines Endlagersystems daraufhin, ob die Sicherheitsanforderungen erfüllt und die Schutzziele eingehalten werden. Letztendlich kann die Bewertung eines Standortes und seines Endlagersystems nur anhand von Sicherheitsanalysen erfolgen. Ein tiefgehender und nachvollziehbarer Vergleich verschiedener Standorte, der Konsequenzenanalysen im Hinblick auf die Auswirkungen der geplanten Endlager auf die Schutzgüter beinhaltet, ist daher nur über den Vergleich von Sicherheitsanalysen möglich. Das BfS kommt im "Synthesebericht 2005" u. a. zu dem Ergebnis: "Zukünftige Arbeiten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle sollten sich aus Sicht des BfS auf standortspezifische Sicherheitsanalysen konzentrieren, welche die Standorterkundung, den Standortvergleich sowie die Planung eines Endlagers parallel in iterativen Schritten begleiten."

Sicherheitsanalysen im Rahmen eines Vergleichs von Endlagerstandorten einzusetzen, stellt jedoch eine Aufgabe dar, die bislang in Deutschland nicht und international nur in wenigen Fällen durchgeführt wurde. Die durchgeführten Fälle betrafen auch nur ähnliche geologische Gesamtsituationen (z. B. Schweden, Kristallin). Nicht ohne Grund wurden deshalb Fragen zur Anwendbarkeit von Sicherheitsanalysen für den Vergleich von Standorten auf einem Workshop des BfS zu den o. g. konzeptionellen und sicherheitstechnischen Einzelfragen im September 2005 aufgeworfen. In welchem Umfang und mit welchen Methoden und Instrumentarien ein sicherheitsanalytischer Vergleich verschiedener geologischer Gesamtsituationen (Wirtsgesteine) durchgeführt werden muss, kann nur an Hand konkreter praktischer Beispiele ermittelt werden. Das BfS als zuständige Behörde für die Errichtung und den Betrieb von Endlagern und als wissenschaftlich-fachlich unterstützende Behörde des BMU bei Fragen der Endlagerung sieht deshalb die Notwendigkeit, anhand des Vergleichs verschiedener konkreter Standortdatensätze und dazugehöriger Anlagenkonzepte eine Methodik für vergleichende Sicherheitsanalysen zu entwickeln.

## Ermittlung von Szenarien für unterschiedliche geologische Situationen und Anlagenplanungen zur Festlegung von Auslegungsanforderungen an ein Endlager für radioaktive Abfälle für einen sicherheitsanalytischen Vergleich von Alternativen

Dieses Vorhaben befasste sich mit der Entwicklung von Szenarien für einen Salz- und einen Tonstandort, die mögliche Zukunftsbilder des Endlagersystems und seiner Sicherheitsfunktionen beschreiben und als Grundlage in die Langzeitsicherheitsanalyse eingehen.

Mit der Szenarientwicklung ist neben der Identifizierung von Szenarien die Einbeziehung und Verfolgung der o. g. übergeordneten Zielsetzung verbunden. Das heißt, dass die Szenarientwicklung einerseits standort- und konzeptspezifische Merkmale berücksichtigen und andererseits einen Vergleich von Ergebnissen aus den Langzeitsicherheitsanalysen anhand eines zu entwickelnden Bewertungsschemas im Blick haben muss. Bei der Umsetzung des Untersuchungsvorhabens wurde die im Folgenden beschriebene methodische Vorgehensweise, bestehend aus 5 Schritten, angewendet. Die Methodik, die sowohl für den Salz- und den Tonstandort angewendet wird, folgt in den ersten Arbeitsschritten der klassischen Vorgehensweise bei der Entwicklung von Szenarien.

### *Schritt 1:*

Unter Einbeziehung von bestehenden FEP-Sammlungen (Features, Events and Processes), wie z. B. von der OECD/NEA die FEP Database und dem FEPCAT, erfolgte eine erste Sichtung und Selektion von möglicherweise relevanten FEPs. Diese erste FEP-basierte Grundmenge wurde erweitert durch die Auswahl standort- und konzeptspezifischer FEPs, ebenfalls durch Sichtung und Selektion vorhandener Referenzen.

### *Schritt 2:*

Im nächsten Schritt wurden unter Einbeziehung standortspezifischer und endlagerkonzeptioneller Gegebenheiten sowie von Transportprozessen (Wasser-, Gas-, Nuklid-, Wärmetransport etc.) so genannte Sicherheitsfunktionen definiert. Der Einbeziehung von Transportprozessen liegt die Vorstellung zugrunde, dass jeglicher physikalischer Austausch nur mittels eines Transportes, gesteuert über Gradienten, erfolgt, wobei ein stofflicher Austausch nahezu immer ein Trägermedium, z. B. in Form eines Fluids, erfordert.

### *Schritt 3:*

Die definierten Sicherheitsfunktionen wurden dann einzelnen Endlagerkomponenten, Teilsystemen oder dem Gesamtsystem zugeordnet. Ein Beispiel wäre die Sicherheitsfunktion "Einschluss der Abfälle", die der Endlagerkomponente Abfallbehälter zugeordnet wird. Eine Komponente kann dabei auch mehrere Sicherheitsfunktionen ausüben (ausreichender Widerstand des Behälters gegen Spannungen und Einschluss der Abfälle). Weiterhin können mehrere Komponenten, die ein Teilsystem bilden,

eine Sicherheitsfunktion übernehmen. Darüber hinaus sind Sicherheitsfunktionen von Komponenten denkbar, die erst bei Verlust der Wirksamkeit anderer Sicherheitsfunktionen in Aktion treten.

### *Schritt 4:*

Nach der Definition und Zuordnung der Sicherheitsfunktionen aus den beiden vorangegangenen Schritten erfolgte eine Kondensierung der ermittelten FEP-Grundmenge durch Selektion von relevanten Einfluss nehmenden FEPs auf die Sicherheitsfunktionen. Die Untersuchung hinsichtlich Einfluss nehmender FEPs impliziert die Einbindung von bestehendem Wissen oder vorhandener Erfahrung über Einfluss nehmende Größen auf das zu betrachtende System sowie die Ermittlung bzw. Einbeziehung des erwarteten oder geforderten Wirkungszeitraumes, die Abhängigkeiten von Sicherheitsfunktionen der Komponenten untereinander, aber auch die Identifizierung vorhandener Reservesicherheitsfunktionen oder latenter Sicherheitsfunktionen. Darüber hinaus sind ggf. rückwirkend die Erkenntnisse aus den Sicherheitsanalysen in die Untersuchung einzubeziehen. Hier liegt der Gedanke zugrunde, dass sich im Rahmen von Sicherheitsanalysen herausstellen wird, ob ein relevanter Einfluss der FEPs auf die entsprechende Sicherheitsfunktion gegeben ist. Die Ergebnisse der Sicherheitsanalyse stellen somit eine Überprüfungsbasis zur Bestätigung der Einordnung in relevante Einfluss nehmende FEPs dar.

### *Schritt 5:*

In dem abschließenden Schritt erfolgte die Entwicklung von Szenarien, in dem die Unwirksamkeit einer oder mehrerer Sicherheitsfunktionen postuliert und alle vorstellbaren Möglichkeiten unter Einbeziehung von identifizierten relevanten Einfluss nehmenden FEPs, die zu einer solchen Aufhebung führen können, untersucht wurden. Das Ziel war es, eine Antwort auf die Frage zu finden, ob es plausible Vorstellungen, Mechanismen, Umstände, Konstellationen usw. gibt, die ein entwickeltes Szenario initiieren können.

Mittels Bündelung entwickelter Szenarien zu abdeckenden repräsentativen Szenarien und Klassifizierung dieser Szenarien, den Sicherheitsanforderungen folgend, in die Klassen

- wahrscheinliche Szenarien,
- weniger wahrscheinliche Szenarien und
- nicht weiter zu betrachtende Szenarien

erhält man somit den Umfang einzubeziehender Szenarien für weitere Untersuchungen bzw. Analysen.

## Langzeitsicherheitsanalysen für den Vergleich von Endlagersystemen

In diesem Vorhaben wurden Langzeitsicherheitsanalysen für zwei Standorte in den Wirtsgesteinen Salz und Tonstein durchgeführt. Dabei wurden die in den oben genannten Vorhaben zu entwickelnden Szenarien für die Konsequenzanalysen aufbereitet und die Konsequenzanalysen im

Hinblick auf den Vergleich der beiden Langzeitsicherheitsanalysen durchgeführt. Weiterhin erfolgte eine Bewertung der Aussagekraft der einzelnen Langzeitsicherheitsanalysen unter Berücksichtigung der Unsicherheit in den Standortdaten, bei den Szenarien sowie den Modellunsicherheiten im Anlagenkonzept des Endlagers. Dies erfolgte in enger Abstimmung mit dem Vorhaben zur Evaluierung der Vorgehensweise beim Vergleich von Langzeitsicherheitsanalysen. Bei der Entwicklung des Bewertungssystems wurden die bei der Durchführung der Langzeitsicherheitsanalysen gewonnenen Erkenntnisse eingebracht. Abschließend soll ein Vergleich der Ergebnisse der Sicherheitsanalysen beider Standorte anhand des vorher festgelegten Bewertungssystems erfolgen.

Zur Umsetzung des Vorhabens wurden Langzeitsicherheitsanalysen für zwei Standorte in den Wirtsgestei-

nen Salz und Tonstein unter Berücksichtigung der entwickelten Szenarien und der im Vorhaben „Evaluierung der Vorgehensweise“ entwickelten Bewertungsmethodik durchgeführt. Dies erfolgte durch die Analyse von Abläufen innerhalb von Einzelprozessen und von Prinzipmodellen, die das grundlegende Verhalten von Komponenten und Teilsystemen im Endlagerbereich und in der Geosphäre beinhalten. In einem Top-down-Ansatz wurden Szenarien für die Anwendung der Vergleichsmethodik entwickelt und bereitgestellt.

Das Verbundvorhaben wird mit einer Auswertung der Ergebnisse abschließen, welche die Möglichkeiten und Grenzen eines Langzeitsicherheitsvergleichs von Endlagersystemen in unterschiedlichen geologischen Formationen aufzeigen soll.

# BfS: FAKTEN UND ZAHLEN

BfS: Facts and Figures

## Haushalt und Personal

Budget and Personnel

Ansprechpartner:

Norbert Nimbach (030 18333-1200)

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) 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.

lenschutzes 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,

Dienstort	Höherer Dienst	Gehobener Dienst	Mittlerer Dienst	Einfacher Dienst	Auszubildende	Gesamt
Salzgitter	156	59	125	6	23	369
Berlin	48	11	41	2	6	108
Neuherberg	64	41	38	2	8	153
Freiburg	9	7	13	1	1	31
Bonn	16	1	11	-	-	28
Rendsburg	1	1	7	-	1	10
Gorleben	1	1	1	-	-	3
Remlingen	2	2	1	-	-	5
Morsleben	1	-	-	-	-	1
	298	123	237	11	39	708

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 Strahlenschutzvorsorgungsgesetz oder andere Bundesgesetze oder auf Grund dieser Gesetze zugewiesen werden".

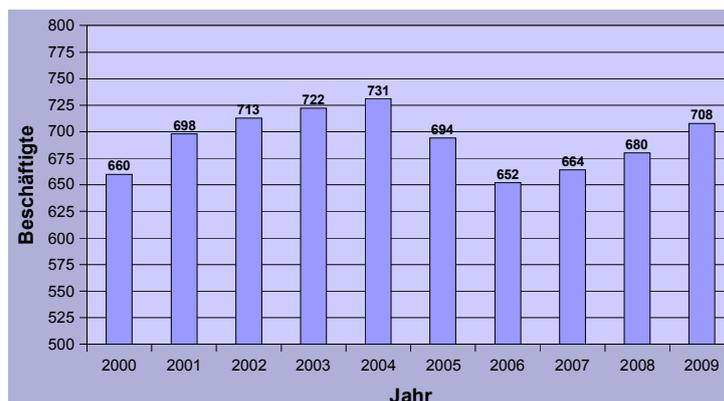
Das BfS unterstützt das BMU fachlich und wissenschaftlich auf den vorgenannten Gebieten, insbesondere bei der Wahrnehmung der Bundesaufsicht, der Erarbeitung von Rechts- und Verwaltungsvorschriften sowie bei der internationalen Zusammenarbeit.

Das BfS befasst sich im Einzelnen mit Fragen des Strah-

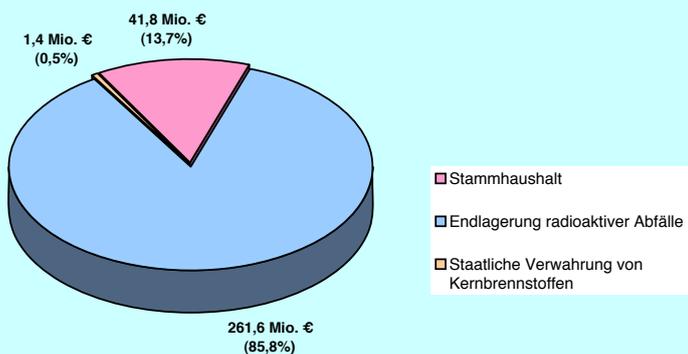
ferner für die Zwischenlagerung von Kernbrennstoffen, für Bauartzulassungen nach den Vorschriften der Röntgenverordnung (RÖV) und der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV).

Das BfS hatte 2009 im Jahresdurchschnitt 708 Beschäftigte. Die Tabelle oben dokumentiert die Verteilung der Beschäftigten auf die Standorte und die Zuordnung zu den Laufbahnen.

Die Entwicklung der Beschäftigtenzahl zeigt die nachstehende Grafik. Hinzu kommen 51 Beurlaubte, Freigestellte und zum BMU Abgeordnete im Jahr 2009. Der



Entwicklung der Beschäftigtenzahl im BfS



### Haushaltsausgaben 2009 im BfS

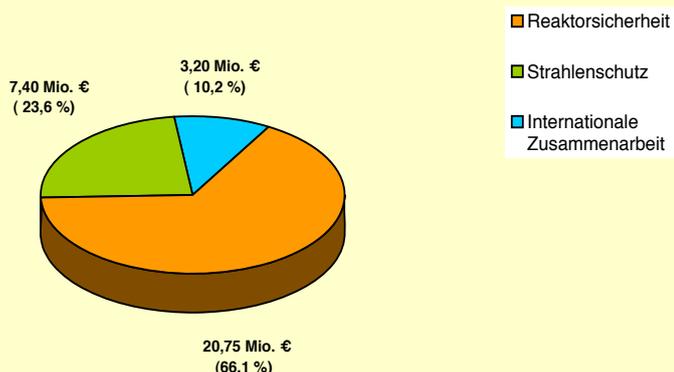
Anstieg der Beschäftigtenzahl 2009 beruht im Wesentlichen auf der Einstellung von zusätzlichem Personal für die Stilllegung der Schachanlage Asse. 2008 wurde zusätzliches Personal für die Errichtung des Endlagers Konrad eingestellt.

Der Zuwachs in 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. Bis dahin 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.

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 2009 zur Erfüllung seiner Aufgaben rd. 305 Millionen Euro zur Verfügung, die sich wie folgt verteilen:



### Ausgaben 2009 für Ressortforschung

Von den Ausgaben für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Höhe von rd. 261,6 Mio. € gehen allein 135,7 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 2009 Haushaltsmittel in Höhe von rd. 31 Millionen Euro zur Verfügung (s. Abb. unten).

## DER ÖFFENTLICHE EINKAUF ALS MOTOR FÜR UMWELTSCHUTZ UND NACHHALTIGKEIT

Public Purchasing as Motor for Environmental Protection and Sustainability

Ansprechpartnerin:

Annette Wahlfels (030 18333-1260)

*Before purchasing any product and service for BfS one needs to answer the question in advance whether environmental protection and sustainability have best been taken into account in compliance with the public procurement law. A re-thinking and a change in public purchasing in general can be recognised. In the past, this had been the pure means for economic coverage of the state's needs, the power of demand of public institutions is increasingly becoming the motor of environmental protection and sustainability. The possibilities for public purchasing of focussing the purchases more and more on environmental protection have only resulted from changed general legal conditions. The Federal Office for Radiation Protection faces these challenges and has changed its "Departmental Note for Procurement" (DA Beschaffung) at an early stage and to the extent that it has been set out in the first sentence of the preamble that all people contacting the procurement section for making a purchase and the BfS procurement section itself are obliged to comply with the requirements of a sustainable environmental protection.*

Tag der Offenen Tür im Bundesamt für Strahlenschutz – die "giveaways" erfreuten sich bei den Besucherinnen und Besuchern großer Beliebtheit. Erst der zweite Blick auf die kleinen Erinnerungsstücke an den Besuch im Bundesamt führt zu einem Thema, das zwar nicht zu den unmittelbaren Fachthemen des Bundesamtes gehört, jedoch in der öffentlichen Wahrnehmung immer mehr an Bedeutung zunimmt: Welchen Stellenwert haben Umweltschutz und Nachhaltigkeit im öffentlichen Einkauf? Besucherinnen und Besucher konnten zum Beispiel Kugelschreiber in Bio-Pen-Qualität oder aus FSC-zertifiziertem Holz, Taschen, Caps und T-Shirts aus Baumwolle aus kontrolliert biologischem Anbau sowie LED-Taschenlampen mit nach Hause nehmen.

Und schaut man genauer hin, so ist zu erkennen, dass die Beschaffung jedes Produktes und jeder Dienstleis-

tung für das BfS heute im Vorfeld mit der Frage verbunden ist, ob dem Umweltschutz und der Nachhaltigkeit bestmöglich unter Beachtung des Vergaberechtes Rechnung getragen wurde. So ist bei der Ausschreibung von Reinigungsdienstleistungen die Vereinbarung zur Verwendung von umweltfreundlichen Reinigungsprodukten unerlässlich, die Beachtung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bei der Beschaffung von Dienstwagen nicht mehr wegzudenken und im IT-Bereich die „Green IT“ ein Auftrag an das Einkaufsreferat. Darüber hinaus wurden im Jahr 2009 die vorhandenen Deckenleuchten in den Büros und in den WC-Anlagen des Dienstgebäudes Salzgitter mit einer Tageslicht- und Präsenzsteuerung ausgestattet. Mit der optimierten Beleuchtung werden sowohl der Energieverbrauch als auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert. Nach den Berechnungen wird das BfS durch diese Maßnahme im Dienstgebäude Salzgitter jährlich 24,75 MWh Strom einsparen und damit etwa 91,5 t CO<sub>2</sub>-Emission vermeiden. Ferner wird im BfS bereits seit längerem nach einer ressortweiten Ausschreibung für den gesamten Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Ökostrom verwendet.

An diesen Beispielen zeigt sich ein Umdenken und ein Wandel im öffentlichen Einkauf insgesamt. War dieser in der Vergangenheit doch das bloße Mittel zur wirtschaftlichen Deckung des staatlichen Bedarfs, wird die Nachfragemacht öffentlicher Einrichtungen immer mehr zum Motor von Umweltschutz und Nachhaltigkeit.



**Auch bei der Beschaffung so genannter "giveaways" achtet das BfS darauf, dass dem Umweltschutz Rechnung getragen wird**

Doch was verbirgt sich genau hinter der Bezeichnung „umweltfreundliche Beschaffung“? Sie wird definiert als Berücksichtigung von ökologischen oder „grünen“ Aspekten im Beschaffungsprozess, dem Einkauf von Waren und Dienstleistungen. Sie wird international auch als Green Public Procurement, kurz GPP, bezeichnet. Sie ist ein Teil der nachhaltigen Beschaffung, bei der Produkte

gezielt auf ihre Nachhaltigkeit geprüft und nach sozialen, ökologischen sowie ökonomischen Gesichtspunkten ausgewählt werden. Nachhaltige Beschaffung verringert ökologische Auswirkungen und unterstützt soziale Verbesserungen. Umweltfreundlich zu beschaffen bedeutet, sparsam und rationell mit wertvollen Ressourcen umzugehen, und ist auch klimapolitisch wichtig, da auf diesem Weg CO<sub>2</sub>-Emissionen verringert werden können.

Hierbei wirkt sich aus, dass das Beschaffungsvolumen der öffentlichen Hand einen erheblichen Marktanteil darstellt. Es liegt in Deutschland bei ca. 260 Mrd. Euro im Jahr. (Mc Kinsey Studie: Potenziale der öffentlichen Beschaffung für ökologische Industriepolitik und Klimaschutz, November 2008), das Beschaffungsvolumen des BfS betrug im Jahr 2009 rund 27 Mio. Euro. Und auch die Stromnachfrage der öffentlichen Hand entspricht etwa 5 % der deutschen Stromerzeugung (Quelle: UBA). Damit verfügt die öffentliche Hand in Deutschland über ein enormes Marktpotenzial. Diese Marktmacht verstärkt zu nutzen, um umweltpolitische Ziele zu fördern, ist daher in den letzten Jahren sowohl international als auch auf europäischer und nationaler Ebene zunehmend als Instrument erkannt und gefördert worden.

Die Möglichkeiten für den öffentlichen Einkauf, den Umweltschutz immer mehr in den Fokus der Beschaffungen zu setzen, haben sich erst durch geänderte rechtliche Rahmenbedingungen ergeben. Das Thema wurde von der deutschen Rechtswissenschaft lange Zeit zurückhaltend und eher kritisch unter dem Stichwort „vergabefremde Aspekte“ diskutiert. Heute kann an der grundsätzlichen Zulässigkeit der Berücksichtigung von Umweltkriterien bei Vergabeverfahren nicht mehr gezweifelt werden. Dies ist vor allem auf die Entwicklung des Europarechts zurückzuführen. Das Bundesamt für Strahlenschutz stellt sich diesen Herausforderungen, und hat frühzeitig seine „Dienststanweisung für das Beschaffungswesen“ (DA Beschaffung) in der Weise geändert, dass im ersten Satz der Präambel festgeschrieben ist, dass es Verpflichtung aller Bedarfsträgerinnen und -träger, also derjenigen Personen, die an das Einkaufsreferat herantreten, um eine Beschaffung zu tätigen, sowie der Beschaffungsstellen des BfS ist, den Anforderungen eines nachhaltigen Umweltschutzes zu genügen. Bei allen Beschaffungen sind die Ziele des Umweltschutzes besonders zu beachten. Zum nachhaltigen Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen ist umweltverträglichen Produkten und Umweltschutz berücksichtigenden Dienstleistungen Vorrang einzuräumen. Bei der Beschaffung von Produkten und Dienstleistungen im Rahmen der Bedarfsanalysen für vorgesehene Beschaffungsmaßnahmen ist zwingend der Aspekt einer energieeffizienten Systemlösung zu prüfen und zu dokumentieren. Es ist festzustellen, dass sich die Bieter auf diese Veränderung eingestellt haben und in größerem Umfang umweltfreundliche und energieeffiziente Produkte in ihre Produktpalette aufgenommen haben.

Ein wichtiger Meilenstein auf nationaler Ebene war im Jahr 2009 die Vergaberechtsreform, durch die u. a. die

Vorschrift über die Auftragsausführung in § 97 Abs. 4 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) im Rahmen der Umsetzung des Artikels 26 der europäischen Richtlinie vom 31.03.2004 über die Koordinierung der Verfahren zur Vergabe öffentlicher Bauaufträge, Lieferaufträge und Dienstleistungsaufträge ergänzt wurde. Darin werden nun erstmalig umweltbezogene Aspekte ausdrücklich auf Gesetzesebene genannt. Dies unterstreicht das staatliche Interesse und kann auch helfen, Vorbehalte gegenüber der „grünen Vergabe“ abzubauen. So lässt sich zum Beispiel das Vorurteil, dass eine umweltfreundliche öffentliche Beschaffung automatisch mit höheren Kosten verbunden sei, nicht halten. Im Gegenteil, bei einer Betrachtung der Lebenszykluskosten ergeben sich vielfach sogar gute Chancen zu erheblichen Kostensenkungen.

Im Hinblick auf das Erreichen von Zielen in den Bereichen Umweltschutz und Energieeffizienz spielen innovative Lösungen eine wichtige Rolle. Umweltfreundliche Beschaffung kann daher auch Innovation fördern. Die seit dem Jahr 2009 nun auch in § 97 Abs. 4 GWB verankerten innovativen Aspekte in der Beschaffung haben im Jahr 2009 zusätzlich noch eine besondere Bedeutung durch das Konjunkturpaket II erfahren. Bis November 2010 soll eine Evaluierung des Konjunkturpaketes II auf Bundesebene durchgeführt werden, u. a. mit dem Ziel,

Erkenntnisse darüber zu gewinnen, ob die vergaberechtlichen Erleichterungen, die damit verbunden sind, mit Blick auf die Fokussierung nachhaltiger Zukunftsinvestitionen der öffentlichen Hand die Beschaffung innovativer Leistungen gefördert haben.

Die Weiterentwicklung und Optimierung eines umweltfreundlichen innovativen Beschaffungswesens wird auch zukünftig ein wichtiger Auftrag bleiben. Jüngst hat der Europäische Wirtschafts- und Sozialausschuss (EWSA) die Weiterentwicklung der „grünen“ öffentlichen Auftragsvergabe empfohlen. Die europäischen Richtlinien über die öffentliche Auftragsvergabe sollen nach dieser Empfehlung um Verweise auf Normen, Umweltmanagementsysteme und Umweltzeichen ergänzt werden. Aktuell ist im Jahr 2009 die europäische Richtlinie 2009/33/EG über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge vom 23.04.2009 veröffentlicht worden. Gemäß Artikel 11 der Richtlinie setzen die Mitgliedstaaten die Rechts- und Verwaltungsvorschriften in Kraft, die erforderlich sind, um dieser Richtlinie bis zum 04.12.2010 nachzukommen.

Die Optimierung des Einkaufes hinsichtlich der Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit wird auch in der Zukunft eine Herausforderung für den Einkauf sein.

# PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Press and Public Relations

Ansprechpartner:

Dirk Daiber (030 18333-1310)  
Florian Emrich (030 18333-1124)

## Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit des BfS

Die zentrale Aufgabe des BfS ist es, für die Sicherheit und den Schutz des Menschen und der Umwelt vor Schäden durch Strahlung zu arbeiten. Ergeben sich daraus Verhaltensempfehlungen für Alltag, Beruf oder Medizin, informiert das BfS zeitnah und umfassend. Die besondere Herausforderung ist dabei, fachlich-wissenschaftliche Erkenntnisse allgemein verständlich darzustellen. Darüber hinaus sucht das BfS Wege, die Bürgerinnen und Bürger über die gesetzlich festgelegten Vorgaben wie etwa Öffentlichkeitsbeteiligungsverfahren zu informieren und zu beteiligen. Ebenso informiert das BfS auch über wissenschaftliche Unsicherheiten und offene Fragestellungen. Neben der grundlegenden Risikoabschätzung und Risikobewertung von Strahlung ist somit die Risikokommunikation ein wichtiger und notwendiger Aspekt im gesamten Prozess des Strahlenschutzes.



Information vor Ort: Podiumsdiskussion in Wolfenbüttel

Vier Beispiele, die in diesem Jahresbericht angesprochen werden, verdeutlichen, wie sich Risikokommunikation auf die Arbeit des BfS auswirkt:

**1. Die Diskussion um mögliche gesundheitliche Auswirkungen in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie):** Das BfS hat in einem transparenten Prozess eine Studie in Auftrag gegeben, die zu dem Ergebnis geführt hat, dass Kinder, die in der Nähe von Kernkraftwerken leben, ein höheres Risiko haben, an Krebs zu erkranken. Dieses Ergebnis kann mit dem gegenwärtigen Wissen über die Wirkung von Strahlung allein nicht erklärt werden. Da eine solche Aussage aber unbefriedigend ist, bereitet das BfS derzeit weitergehende Untersuchungen vor.



Die KiKK-Studie zu Kinderleukämien in der Umgebung von Kernkraftwerken – auch 2009 ein Thema in Presse und Öffentlichkeit

**2. Die Diskussion um mögliche Gesundheitsgefährdungen durch den Einsatz der Mobilfunktechnologie (DMF):** Hier hat das BfS mit Beteiligung der Öffentlichkeit ein umfassendes und nachvollziehbares Forschungsprogramm initiiert. Die Öffentlichkeit wurde über Zielsetzung und die geplanten Forschungsvorhaben des Programms informiert. Zwischenergebnisse und Ergebnisse der jeweiligen Forschungsvorhaben wurden konsequent veröffentlicht und zur Diskussion gestellt. Ergebnis der Untersuchungen ist, dass für weite Nutzungsbereiche des Mobilfunks bei Einhaltung der Grenzwerte von einer gesundheitlichen Unbedenklichkeit gesprochen werden kann. Offene Fragen zu gesundheitlichen Risiken bestehen trotz intensiver Forschungsanstrengungen aber noch bei der langjährigen Nutzung und für Kinder. Das BfS empfiehlt aus Gründen der Vorsorge, weiter zu forschen, die Bevölkerung zu informieren und gibt Verhaltensempfehlungen, mit denen die Strahlenbelastung im Alltag reduziert werden kann.

**3. Der Schutz der Bevölkerung vor bekannten, aber nur unzureichend wahrgenommenen Risiken (Radon und UV):** Das BfS entwickelt Aktionspläne, um die Bevölkerung über vorhandene und wissenschaftlich nachgewiesene Risiken zu informieren. Parallel dazu setzt sich das BfS dafür ein, den Schutz der Bevölkerung über rechtliche Rahmensetzungen zu verbessern.

**4. Bei der Schließung des Endlagers Asse II** hat das BfS eine neue Form der Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger eingeführt, die über das gesetzlich vorgesehene Instrumentarium hinausgeht. Dieses neue Verfahren sieht eine umfassende Beteiligung der interessierten Öffentlichkeit bereits bei der Entwicklung von Problemlösungen vor und nicht erst nach der Fertigstellung von Konzepten und



Das BfS hat verschiedene Optionen in einem transparenten Verfahren anhand wissenschaftlicher Kriterien geprüft

Planunterlagen. Noch vor der Entscheidung für eine Schließungsoption erhalten die Bürgerinnen und Bürger damit Einblick in die vom BfS diskutierten Schließungsoptionen, samt ihrer jeweiligen Vorteile, aber eben auch der Risiken.

Auf der Basis der hier ausgeführten Überlegungen und Beispiele entwickelt das BfS derzeit eine Leitlinie zur Risikokommunikation, die auch für andere Bereiche des Strahlenschutzes als die vier beispielhaft genannten anwendbar ist.

#### Asse im Fokus der Öffentlichkeit

Im Brennpunkt der Öffentlichkeit stand 2009 die Sanierung der Schachtanlage Asse II. Nachdem das BfS zum Jahresbeginn Betreiber der Anlage geworden war, hat das Bundesamt im Gegensatz zum früheren Betreiber von Anfang an eine offene Presse- und Öffentlichkeitsarbeit praktiziert. Wenige Tage nach Übernahme des Betriebs der Asse durch das BfS wurde am 5. Januar die Infostelle „Info Asse“ eröffnet. Bei der Eröffnung stellte BfS-Präsident Wolfram König klar, dass die Öffentlichkeit von nun an transparent über alle Vorgänge rund um die Schachtanlage informiert werde. Alle wesentlichen Schritte des BfS sollten für die Öffentlichkeit nachvollziehbar sein, um verloren gegangenes Vertrauen in staatliche Institutionen zurückzugewinnen.

Im Laufe des Jahres konnten Journalistengruppen in die Asse einfahren, um sich ein eigenes Bild von der Situation

unter Tage zu machen. Dabei wurde den Medienvertretern gerade auch Probleme und Risiken offen dargestellt, beispielsweise ein unbeherrschbarer Wassereinbruch als größte Gefahr für das Bergwerk. Darüber hinaus zeigten die Besuche aber auch, dass seit Übernahme durch das BfS bereits weitgehende Veränderungen umgesetzt wurden, insbesondere beim Strahlenschutz und beim Betrieb als kerntechnische Anlage.



Journalisten machen sich ein eigenes Bild über die Situation in der Asse

Konsequent hat das BfS an der besten Schließungsoption für die Asse gearbeitet. Beim Vergleich der verschiedenen Schließungsoptionen auf Basis vorher festgelegter Kriterien hat sich die Rückholung der Abfälle aus der Asse als die beste Option herausgestellt, auch wenn diese noch mit Unsicherheiten verbunden ist. So muss in einer Probenahme geklärt werden, in welchem Zustand sich die Abfälle befinden und um welche Abfälle es sich tatsächlich handelt. Am Vergleich der verschiedenen Optionen beteiligte das BfS insbesondere auch die Öffentlichkeit. Der Bekanntgabe des Optionenvergleichs vorausgegangen waren umfangreiche Diskussionen mit Bürgerinitiativen und interessierten Bürgerinnen und Bürgern. Die für den Vergleich herangezogenen Kriterien veröffentlichte das BfS auch für Laien nachvollziehbar über alle gängigen Medien, etwa im Internet oder in der Presse und informierte auf Informationsveranstaltungen in der Region. Somit wurde zum ersten Mal bei der Schließung einer kerntechnischen Anlage die Öffentlichkeit von Anfang an in die Schließungspläne ein-



Neustart: Die Infostelle Asse wurde kurz nach Betreiberwechsel eingeweiht

bezogen. Dieses beispielhafte Verfahren könnte bei Planfeststellungsverfahren für ähnliche Anlagen in Deutschland Zeichen setzen.



**Machbar oder nicht: Am 2. Oktober stellte das BfS Studien zu den Schließungsoptionen für die Asse vor**

Alle bundesdeutschen Medien haben 2009 über die Herausforderungen berichtet, die mit der Schließung der Asse verbunden sind. In einer 30-minütigen Reportage mit dem Titel „Strahlender Sumpf – Atomendlager Asse außer Kontrolle“ hat sich das ZDF dem Thema gewidmet. Die Wochenzeitung "Die Zeit" brachte ein Dossier über die Asse mit dem Titel „Das Lügengrab“. „Kein Raum in der Grube wird trocken bleiben“ lautet die Überschrift einer detaillierten Reportage der Süddeutschen Zeitung

**Neue Informationsstelle zur Asse**

Mit der Übernahme des Betriebs der Asse hat das BfS auch eine neue Infostelle direkt am Bergwerksgelände errichtet. Hier kann die interessierte Öffentlichkeit mehr über die aktuelle Entwicklung zur Schließung der Asse erfahren (geöffnet werktags von 9.30 - 17 Uhr und samstags nach Vereinbarung, Tel.: 05336/89640 ). Zentrale Informationsmedien sind Computeranimationen, welche die Probleme beim Betrieb der Anlage und die aktuellen Entwicklungen im Rahmen des Stilllegungsprozesses verständlich aufbereiten. Ein Film veranschaulicht die aktuelle Situation und die vielfältigen Arbeiten unter Tage. Ergänzt werden diese Informationen durch großformatige Bildtafeln, ein dreidimensionales Modell der Schachanlage über und unter Tage sowie zahlreiche Broschüren. Ein Tagungsbereich steht für Gruppenveranstaltungen bis zu 30 Personen zur Verfügung. 2009 haben mehr als 3.000 Bürgerinnen und Bürgern die Infostelle besucht. Darunter waren viele Gruppen und zahlreiche Persönlichkeiten aus unterschiedlichen Bereichen des öffentlichen Lebens, so der damalige Bundesumweltminister Sigmar Gabriel sowie Mitglieder des Umweltausschusses des Deutschen Bundestages und des Parlamentarischen Untersuchungsausschusses des Niedersächsischen Landtages zur Asse und weitere Politiker aus Bund, Ländern und Europaparlament.



**Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Infostelle Asse stehen für Fragen zur Verfügung**

**Informationsveranstaltungen**

Das BfS hat im vergangenen Jahr zahlreiche öffentliche Informationsveranstaltungen in der Region durchgeführt. So stellte das BfS am 2. Oktober in Schöppenstedt die Machbarkeitsstudien für die drei Stilllegungsoptionen vor rund 300 interessierten Bürgerinnen und Bürgern sowie etlichen Medienvertretern öffentlich vor. Regelmäßig besuchen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von INFO ASSE Schulen und Volkshochschulen, um über die Schachanlage Asse zu informieren.

**INFO-MOBIL: Die fahrbare Infostelle**

Seit dem Spätsommer 2009 steht mit dem „Info-Mobil“ eine mobile Infostelle zur Verfügung. Das BfS ist mit dem Fahrzeug, ausgestattet mit multimedialen Informationen, in Fußgängerzonen und auf Wochenmärkten der Region präsent.



**Mit dem Infomobil präsentierte sich das BfS in den Städten der Region**

Zu einem „Renner“ hat sich die Informationsschrift „Asse Einblicke“ entwickelt, die im ersten Jahr des Erscheinens etwa alle zwei Monate in einer Auflage von rund 145.000 Exemplaren an Haushalte rund um die Asse ausgeliefert wurde. Jede Ausgabe beinhaltet eine Informationsgrafik im Posterformat, mit der komplexe Sachverhalte allgemeinverständlich erklärt werden.



kriterien für die Stilllegung der Asse II zur Verfügung. Damit sind die Unterlagen zur Stilllegung der Asse von Anfang an so weit wie möglich offengelegt worden. Auch Detailergebnisse der Umgebungsüberwachung sind mit den Jahresberichten der Betriebsführungsgesellschaft und der unabhängigen Messstelle öffentlich zugänglich.

**Morsleben: BfS informiert über die geplante Stilllegung**

Das BfS hat als Betreiber des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben beim Land Sachsen-Anhalt einen Antrag auf Planfeststellung zur Stilllegung des Endlagers gestellt. Bevor das Endlager stillgelegt werden kann, muss ein Planfeststellungsverfahren nach dem Atomgesetz durchgeführt werden. An diesem Verfahren wird auch die Öffentlichkeit beteiligt. Von Oktober bis Dezember 2009 lagen die von der zuständigen Genehmigungsbehörde zu prüfenden Stilllegungsunterlagen öffentlich aus. Bereits vor der öffentlichen Auslegung veröffentlichte das BfS die Unterlagen sowie weitergehende Unterlagen im In-

**Asse-Einblicke: Erscheint als Zeitungsbeilage in der Region**

**www.endlager-asse.de - Informationen für alle Zielgruppen**  
 Als ein wesentlicher Baustein für eine transparente Stilllegung des Endlagers Asse II wurde mit www.endlager-asse.de ein zentraler Informationspool über die Asse II geschaffen. Ein Mix aus Text- und Multimediaangeboten ermöglicht es, mit der Internetseite die Bedürfnisse der interessierten Öffentlichkeit und des Fachpublikums gleichermaßen zu berücksichtigen.

Die einfache und klare Struktur der Seite folgt den Kernfragen „Was ist die Asse?“, „Was passiert in der Asse?“ und „Was wird aus der Asse?“ Als Einstiegsangebot für jedermann vermittelt der interaktive Rundgang „Die Asse in sechs Schritten“ in wenigen Stationen die wichtigsten Informationen über die Asse II. Fachbesucher und alle, die sich vertieft mit dem Thema befassen wollen, erhalten auf der Seite umfangreiche Gutachten, Studien und Antragsunterlagen zur Asse II. So stellt das BfS beispielsweise die Machbarkeitsstudien und Bewertungs-



Infostelle des BfS in Morsleben



Im Netz: Asse-Homepage

ternet, so dass sich Interessierte unabhängig von den vorgeschriebenen Auslegungszeiträumen informieren konnten.

In diesem Zusammenhang spielt die Öffentlichkeitsarbeit eine wichtige Rolle. Das BfS betreibt seit 1998 eine Infostelle am Standort Morsleben. Sie ist gleichzeitig auch Ausgangspunkt von Besichtigungen des Bergwerks. Da Befahrungen des Bergwerks nicht immer möglich sind, kommt der Infostelle eine besondere Bedeutung zu. Die Infostelle Morsleben wurde 2009 runderneuert, um so zusätzliche und neue inhaltliche Angebote präsentieren zu können. Die Besucherinnen und Besucher erhalten im Medienbereich in Form von Filmen und Computeranimationen aktuelle Informationen über grundlegende Themen (schwach- und mittelradioaktive Abfälle, Geologie) und das Stilllegungskonzept. Ein greifbares Bild von den Arbeiten und der Situation unter Tage vermittelt ein Film über einen Besuch des Bergwerks. Diese Informationen werden laufend weiterentwickelt und ergänzt. Im Cafébereich im Ausstellungsraum wird den Besuchern Raum geboten, sich in kom-

munikativer Atmosphäre auszutauschen und mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des BfS zu diskutieren.

Parallel zur öffentlichen Auslegung der Antragsunterlagen Ende Oktober veröffentlichte das BfS ein Faltblatt. Darin werden die „Einlagerung der Abfälle“, die „Geologie“, die „Baumaßnahmen zur Schließung des Endlagers“ sowie die „Langzeitsicherheit“ dargestellt. Neben der Papierform wurde für das Internet eine interaktive Flash-Version entwickelt.

Auch in der Pressearbeit begleitete das BfS die geplante Stilllegung. Zum Beginn der öffentlichen Auslegung lud das BfS die Presse zu einem Besuch des Endlagers ein. BfS-Präsident Wolfram König erläuterte zahlreichen Medienvertretern aus Print, Funk und Fernsehen vor Ort das vom BfS geplante Stilllegungskonzept. Auch darüber hinaus besuchten mehrfach Journalisten das Bergwerk, um sich ein eigenes Bild über die Situation vor Ort zu machen.

#### BfS baut Informationsstelle Gorleben aus

Die neue Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, das Erkundungsmoratorium des Salzstocks Gorleben unverzüglich aufzuheben. Im Koalitionsvertrag verständigten sich die Regierungsparteien darauf, „ergebnisoffen die Erkundungsarbeiten fortzusetzen“. Überdies sollte das weitere Vorgehen „öffentlich und transparent gestaltet“ werden.

Das BfS betreibt bereits seit 2003 am Standort Gorleben eine Infostelle und bietet dort umfassende Informationen zum Themengebiet Endlagerung radioaktiver Abfälle sowie Bergwerksbefahrungen des Salzstocks Gorleben an. Die Infostelle wurde 2009 modernisiert, um so neue inhaltliche und verstärkt multimediale Angebote (Filme, Computeranimationen) zu präsentieren.

#### Mobile Ausstellung zur Endlagerung radioaktiver Abfälle

Auf dem Gelände vor der Infostelle Gorleben steht zudem eine mobile Ausstellung für Besucher bereit, die grundlegende Informationen über die Endlagerung radioaktiver Abfälle vermittelt.

In zwei Infocontainern wird in einer multimedialen Erlebnistour ein "Schnellkurs" in Geologie, Physik und Strahlenschutz geboten. Im Infocontainer I können Besucher mit einer Original-Bfs-Messsonde selbst Radioaktivität messen. Eine multimediale Darstellung stellt die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der verschiedenen Endlagerprojekte Asse, Morsleben, Schacht Konrad oder Gorleben dar.

Außerdem bietet die Ausstellung eine virtuelle Befahrung des Erkundungsbergwerks Gorleben. Unterschiedliche Gesteine wie Salz, Ton, Granit und Konrad-Erz können Besucher buchstäblich „begreifen“. Eine "Zukunftsmaschine" zeigt, was bei der Einlagerung hochradioaktiver Abfälle in Salz, Ton oder Granit im Verlauf von Hunderttausenden bis Millionen Jahren geschehen kann.

Die Ausstellung ist mobil und vielseitig einsetzbar. Das BfS geht mit der Ausstellung gezielt in verschiedene Regionen Deutschlands, um sachlich über das wissenschaftlich-komplexe und gesellschaftlich kontrovers diskutierte Thema zu informieren. Am 21. April 2009 wurde die Ausstellung von Umweltminister Sigmar Gabriel in Berlin erstmals öffentlich vorgestellt. Vertreter aus Wissenschaft, Politik und Medien nutzten die Vorstellung, um sich ein eigenes Bild zu machen.

Insgesamt präsentierte das BfS die Ausstellung 2009 an zehn Stationen in Großstädten in ganz Deutschland. Dabei waren jeweils Fachleute aus den verschiedenen Fachabteilungen (Geologie, Strahlenschutz, Info Asse etc.) des BfS mit vor Ort und diskutierten mit den Besucherinnen und Besuchern. Das große Interesse der Bevölkerung und die mündlichen und im Besucherbuch schriftlich geäußerten Rückmeldungen zeigen, dass Informationen und die Möglichkeit zu einer fachlichen Auseinandersetzung zu dieser Thematik stark nachgefragt werden. Darüber hinaus lud das BfS an der jeweiligen Station auch Vertreter der lokalen Medien zu einem Besuch der Infocontainer ein. Insbesondere in Städten wie Stuttgart, Hamburg oder Kiel, in denen die Endlagerung als Thema in der Regel weniger präsent ist als an deren Standorten, berichteten die Medien ausführlich.



Mit einer mobilen Ausstellung informierte das BfS in ganz Deutschland über die Endlagerung

## Messen und Ausstellungen

Im Jahr 2009 beteiligte sich das BfS wiederum an Messen und Ausstellungen. Ziel dabei ist es, die Öffentlichkeit direkt zu informieren und das BfS mit seinen Aufgaben und seiner Arbeitsweise transparent zu machen.

Veranstaltungen wie die didacta, die Messe für alle in der Aus-, Weiter- und Fortbildung Beschäftigten, eröffnete vom 10. bis 14. Februar die Möglichkeit, den Bürgern das Aufgabenfeld des BfS zu präsentieren und Fachinformationen einem weiten Kreis zur Verfügung zu stellen. Zusammen mit dem Bundesumweltministerium, dem Bundesamt für Naturschutz und dem Umweltbundesamt nutzte das BfS die Chance, die Bildungsmultiplikatoren mit einem Auftritt auf einem Gemeinschaftsstand zu erreichen.



## Messepräsenz des BfS

Auch auf der **Internationalen Tourismus Börse Berlin (ITB)**, die vom 11. bis 15. März stattfand, stellten das Bundesumweltministerium und seine Fachbehörden mit einem Gemeinschaftsstand ihre Themen vor. Das BfS legte den Schwerpunkt der Information auf das Thema „UV-Strahlung und Hautkrebs“, um die Bevölkerung im Zusammenhang mit Reisen in sonnige Regionen zu sensibilisieren und zu beraten.

Auf dem **Deutschen Evangelischen Kirchentag** in Bremen vom 20. bis 24. April thematisierte das BfS auf seinem Stand die Endlagerung radioaktiver Abfälle. Diskussionen mit



zahlreichen Kirchentagsbesuchen zeigten, dass die Information des BfS auch im Umfeld eines Kirchentages stark nachgefragt werden. Die Bedeutung des BfS-Mottos „Verantwortung für Mensch und Umwelt“ konnte hier besonders deutlich gemacht werden.

### 20 Jahre BfS - Tag der offenen Tür in Salzgitter

Am 6. Juni öffnete das BfS in Salzgitter seine Pforten zu einem **Tag der offenen Tür**. Anlässlich des 20-jährigen Bestehens des Amtes besuchte Bundesumweltminister Sigmar Gabriel das BfS und erlebte, wie Einblicke in das gesamte Aufgabenspektrum des BfS gegeben wurden.

Rund 3000 Besucherinnen und Besucher erfüllten das Motto des Tages „20 Jahre BfS – feiern Sie mit uns“ mit Leben. Exponate und kleinere Ausstellungen zu allen Themen des Amtes, begleitet von den jeweiligen Fachleuten, luden zur Information und Diskussion ein. Kinder konnten das BfS von der spielerischen Seite her kennenlernen und wer hungrig war, wurde in der Kantine und an den Imbiss-Ständen bestens bedient. Die Rückmeldungen der Bürgerinnen und Bürger und das Presseecho zeigten, dass die Veranstaltung dazu beigetragen hat, das Bild des BfS als Behörde im Dienst des Menschen zu festigen.

Unter dem Motto „**Einladung zu Ihrem ganz persönlichen Staatsbesuch**“ fand am 22. und 23. August der Tag der offenen Tür der Bundesregierung in Berlin statt. Das Bundesumweltministerium und das BfS luden vor den S-Bahnhof



**20 Jahre BfS: Umweltminister Gabriel und BfS-Präsident König eröffnen den Tag der offenen Tür in Salzgitter**

Friedrichstraße ein. Neben grundlegenden Informationen über das Aufgabenspektrum des Amtes stellten die drei Exponate des BfS große Anziehungspunkte dar: In der mobilen Ausstellung zur Endlagerung radioaktiver Abfälle – ein Infocontainer war vor Ort – informierten sich die Besucherinnen und Besucher über den Stand der Endlagerung, bei der Handymessung über die Strahlungsintensität ihrer Handys und am Sonnenbrillenmessstand über die Qualität ihrer Sonnenbrillen.

### BfS: Engagement in der Region

Darüber hinaus hat sich das BfS 2009 auch in der Region seines Stammsitzes Salzgitter engagiert. Am 15. und



**Tag der offenen Tür des BfS 2009 in Salzgitter**

17. Juni beteiligte sich das BfS an der von der Industrie ins Leben gerufene **BONA-Schulaktion**, deren Ziel die Bekanntmachung von technischen Berufen bei Jugendlichen ist. An diesen zwei Tagen informierten sich 120 Jugendliche über das BfS. Als Beispiele der Arbeit wurden eine Handymessung und das Ortsdosisleistungsmessnetz gezeigt.

Für jugendliche Ausbildungsplatzsuchende ist die **Ideen-Expo** Niedersachsen konzipiert. Vom 5. bis 13. September besuchten diese Veranstaltung in Hannover über 100.000 Jugendliche, um sich über Ausbildungsmöglichkeiten in technischen Berufen zu informieren. Das BfS war mit einem Stand vertreten, auf dem beispielhaft für technische Anwendungen und Ausbildungsmöglichkeiten IT-Anwendungen demonstriert wurden. Auch diese Veranstaltung diente neben der Information über Berufszweige, die im BfS vertreten sind, der Vorstellung des Amtes und seiner Aufgaben.



**Wie stark strahlt das eigene Handy? Das BfS misst die Strahlung von Handys auf Veranstaltungen.**

# 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 externen Fachzeitschriften

Auer, M.; Wagenbach, D.; Wild, E.; Wallner, A.; Priller, A.; Miller, H.; Schlosser, C.; Kutschera, W.  
Cosmogenic  $^{26}\text{Al}$  in the atmosphere and the prospect of a  $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$  chronometer to date old ice  
In: Earth and planetary science letters 287 (2009), Nr. 3-4, 453-462  
doi:10.1016/j.epsl.2009.08.030

Barth, I.; Rimpler, A.; Nikula, T.; Schilp, M.; Buck, O.; Wengenmair, H.; Leissner, G.; Kopp, J.; Sciuk, J.  
Strahlenexposition des Personals bei der endovaskulären Brachytherapie (EVBT) mit Re-188 nach PTA im peripheren Stromgebiet  
In: Zeitschrift für medizinische Physik 19 (2009), 193-199  
doi:10.1016/j.zemedi.2009.01.006

Berg, H.  
Overview of the different applications of probabilistic safety assessment for nuclear power plants  
In: Kerntechnik 74 (2009), Nr.3, 106-110

Berg, H.; Winter, C.  
Analysis of external flooding and tsunamis for nuclear power plants at tidal rivers  
In: Kerntechnik 74 (2009), Nr.3, 132-139

Berg, H.  
Experience with quantitative safety targets on international level  
In: Kerntechnik 74 (2009), Nr.3, 159-164

Bieringer, J.; Schlosser, C.; Sartorius, H.; Schmid, S.  
Trace analysis of aerosol bound particulates and noble gases at the BfS in Germany  
In: Applied radiation and isotopes 67 (2009), 672-677  
doi:10.1016/j.apradiso.2009.01.008

Blakely, W.; Carr, Z.; Chin-May Chu, M.; Dayal-Drager, R.; Fujimoto, K.; Hopmei, M.; Kulka, U.; Lillis-Hearne, P.; Livingston, G.; Lloyd, D.; Maznyk, N.; Del Rosario Perez, M.; Romm, H.; Takashima, Y.; Voisin, P.; Wilkins, R.; Yoshida, M.  
Meeting report - WHO 1st consultation on the development of a global biodosimetry laboratories network for radiation emergencies (BioDoseNet)  
In: Radiation research 171 (2009), 127-139

Brix, G.; Nissen-Meyer, S.; Lechel, U.; Nissen-Meyer, J.; Griebel, J.; Nekolla, E.; Becker, C.; Reiser, M.

Radiation exposures of cancer patients from medical X-rays: how relevant are they for individual patients and population exposure?  
In: European journal of radiology 72 (2009), 342-347

Brix, G.; Nekolla, E.; Noßke, D.; Griebel, J.  
Risks and safety aspects related to PET/MR examinations  
In: European journal of nuclear medicine and molecular imaging 36 (2009), 132-138

Brix, G.; Zwick, S.; Kiessling, F.; Griebel, J.  
Pharmacokinetic analysis of tissue microcirculation using nested models: multimodel inference and parameter identifiability  
In: Medizinische Physik 36 (2009), 2923-2933

Eder, H.; Geschwentner, D.; Hofmann, P.; Liesenkötter, B.; Matthes, R.  
Elektrische und magnetische Felder von Kompaktleuchtstofflampen - Ermittlung und Bewertung  
In: Strahlenschutzpraxis 15 (2009), Nr. 3, 59-67

Greve, B.; Dreffke, K.; Rickinger, A.; Könemann, S.; Fritz, E.; Eckardt-Schupp, F.; Amler, S.; Sauerland, C.; Braselmann, H.; Sauter, W.; Illig, T.; Schmezer, P.; Gomolka, M.; Willich, N.; Bölling, T.  
Multicentric investigation of ionising radiation-induced cell death as a predictive parameter of individual radiosensitivity  
In: Apoptosis 14 (2009), Nr. 2, 226-235

Grosche, B.; Jung, T.; Weiss, W.  
Häufigkeit von Krebs bei Kindern in der Umgebung von Kernkraftwerken  
In: Umweltmedizinischer Informationsdienst (2009), Nr. 1, S. 17-21

Häusler, U.; Czarwinski, R.; Brix, G.  
Radiation exposure of medical staff from interventional X-ray procedures: a multicentre study  
In: European radiology 19 (2009), 2000-2008  
doi:10.1007/s00330-009-1388-4

Jacob, P.; Rühm, W.; Walsh, L.; Blettner, M.; Hammer, G.; Zeeb, H.  
Cancer risk of radiation workers larger than expected?  
In: Occupational and environmental medicine 66 (2009), Nr.12, 789-796  
doi:10.1136/oem.2008.043265

- Kirchner, G.*  
Use of reference biospheres for proving the long-term safety of radioactive waste repositories, Workshop of the German Federal Office for Radiation Protection (BFS), 26-27 August 2008  
In: Journal of environmental radioactivity 100 (2009), 435-437
- Kirchner, G.; Strebl, F.; Bossew, P.; Ehlken, S.; Gerzabek, M.*  
Vertical migration of radionuclides in undisturbed grassland soils  
In: Journal of environmental radioactivity 100 (2009), 716-720
- Kirchner, G.; Steiner, M.; Zähringer, M.*  
A new approach to estimate nuclide ratios from measurements with activities close to background  
In: Journal of environmental radioactivity 100 (2009), 484-488
- König, W.; Hoffmann, M.*  
Asse II: Der lange Weg von "Forschungsbergwerk" zum "Endlager für radioaktive Abfälle"  
In: Zeitschrift für Umweltrecht (2009), Nr. 7-8, 353-358
- Kreuzer, M.; Grosche, B.; Schnelzer, M.; Tschense, A.; Dufey, F.; Walsh, L.*  
Radon and risk of death from cancer and cardiovascular diseases in the German uranium miners cohort study: follow up 1946-2003  
In: Radiation and environmental biophysics (2009) doi:10.1007/s00411-009-0249-5
- Krizman, M.; Peter, J.; Rojc, J.*  
Study on radon dispersion modes from the U-mine disposal sites at Zirovski Vrh (Slovenia)  
In: Radioprotection 44 (2009), Nr. 5, 469-474 doi:10.1051/radiopro/20095087
- Lechel, U.; Becker, C.; Langenfeld-Jäger, G.; Brix, G.*  
Dose reduction by automatic exposure control in multi-slice computed tomography - comparison between measurement and calculation  
In: European radiology 19 (2009), 1027-1034
- Minkov, V.; Nekolla, E.; Noßke, D.; Griebel, J.; Brix, G.*  
Nuklearmedizinische Strahlenexpositionen während der Schwangerschaft: Risikoabschätzungen für die Leibesfrucht  
In: Nuklearmedizin 48 (2009), 10-16
- Pearce, R.; Becker, A.; Hampton, T.; Zähringer, M.*  
The announced nuclear test in the DPRK on 25 May 2009  
In: CTBO Spectrum (2009), Nr. 13, 26 – 29
- Saey, P.; Auer, M.; Becker, S.; Colmanet, E.; Hoffmann, M.; Nikkinen, M.; Schlosser, C.; Sonck, M.*  
Monitoring of reported sudden emission rate changes of major radionuclide emitters in the northern and southern hemisphere in 2008 to assess their contribution to the respective radionuclide backgrounds  
In: Geophysical research abstracts 11 (2009), EGU2009-7951
- Schlesinger, D.*  
Der grenzüberschreitende Handel mit Altrohstoffen  
In: Geographische Rundschau 11 (2009), 52-58
- Schmid, E.; Wagner, F.; Romm, H.; Walsh, L.; Roos, R.*  
Dose-response relationship of dicentric chromosomes in human lymphocytes obtained for the fission neutron therapy facility MEDAPP at the research reactor FRM II  
In: Radiation and environmental biophysics 48 (2009), Nr.1, 67-75  
doi:10.1007/s00411-008-0202-z
- Schneider, U.; Walsh, L.*  
Cancer risk above 1 Gy and the impact for space radiation protection  
In: Advances in space research 44 (2009), Nr. 2, 202-209 doi:10.1016/j.asr.2009.03.026
- Spasova, Y.; Benedik, L.; Vasile, M.; Beyermann, M.; Wätjen, U.; Pommé, S.*  
U-234 and U-238 in mineral water : reference value and uncertainty evaluation in the frame of an interlaboratory comparison  
In: Journal of radioanalytical and nuclear chemistry 281 (2009), 113-117
- Strelczyk, D.; Eichhorn, M.; Lüdemann, S.; Brix, G.; Dellian, M.; Berghaus, A.; Strieth, S.*  
Statistic magnetic fields impair angiogenesis and growth of solid tumors in vivo  
In: Cancer biology and therapy 8 (2009), 1757-1763
- Thiessen, K.; Andersson, K.; Batandjewa, B.; Cheng, J.; Hwang, W.; Kaiser, J.; Kamboj, S.; Steiner, M.; Thomás, J.; Trifunovic, D.; Yu, C.*  
Modelling the long-term consequences of a hypothetical dispersal of radioactivity in an urban area including remediation alternatives  
In: Journal of environmental radioactivity 100 (2009), 445-455
- Walsh, L.*  
Heterogeneity of variation of relative risk by age at exposure in the Japanese atomic bomb survivors  
In: Radiation and environmental biophysics 48 (2009), 345-347
- Walsh, L.; Jacob, P.*  
Radiation risk modeling of thyroid cancer with special emphasis on the Chernobyl epidemiological data  
In: Radiation research 172 (2009), 509-518
- Weiss, W.*  
Towards a coherent conceptual framework for emergency preparedness/response and rehabilitation - the application of the new ICRP recommendations given in ICRP 103  
In: Journal of environmental radioactivity 100 (2009), 1002-1004

## Beiträge in Tagungsbänden / Broschüren

Angermeier, M.; Eichholtz-Wirth, H.; Hornhardt, S.;  
Eckhardt-Schupp, F.; Mörtl, S.

Analysis of molecular mechanisms of radiation-induced apoptosis

In: Abstract Collection : Association for Radiation Research Annual Meeting, Glasgow, 2009

Angermeier, M.; Eichholtz-Wirth, H.; Blunder, T.; Hornhardt, S.; Atkinson, M.; Mörtl, S.

Molecular mechanism of radiation-induced apoptosis in LCL

In: Abstractband : 12. Jahrestagung der Gesellschaft für biologische Strahlenforschung, Essen, 2009, S. 99

Angermeier, M.; Eichholtz-Wirth, H.; Blunder, T.; Hornhardt, S.; Atkinson, M.; Mörtl, S.

Analysis of molecular mechanisms of radiation-induced apoptosis

In: Abstract Collection : 1st International Radiation proteomics Workshop, München, 2009, S. 41

Angermeier, M.; Eichholtz-Wirth, H.; Blunder, T.; Hornhardt, S.; Eckhardt-Schupp, F.; Mörtl, S.

Analysis of molecular mechanisms of radiation-induced apoptosis

In: Abstract Collection Workshop : Women in Radiation Sciences - A Century after Marie Curie, München, 2009, S. 56

Gomolka, M.; Danescu-Mayer, J.; Otten, H.; Pesch, B.; Johnen, G.; Lehnert, M.; Oestreicher, U.; Roessler, U.; Hornhardt, S.; Kulka, U.; Bruening, U.; Kreuzer, M.

The German Uranium Miner Biobank - GUMB

In: Abstract Collection Workshop : Women in Radiation Sciences - A Century after Marie Curie, München, 2009, S. 67

Gomolka, M.; Danescu-Mayer, J.; Otten, H.; Pesch, B.; Johnen, G.; Lehnert, M.; Oestreicher, U.; Roessler, U.; Hornhardt, S.; Kulka, U.; Kreuzer, M.

The German Uranium Miner Biobank - GUMB

In: Abstract Collection : 1st International Radiation proteomics Workshop, München, 2009, S. 33

Gomolka, M.; Hornhardt, S.; Roessler, U.; Gürtler, A.; Kulka, U.; Atkinson, M.; Kunz, N.; Posch, T.

Proteome alterations after in-vitro irradiation of immortalized lymphocyte cell lines from radiation sensitive lung cancer patients

In: Abstract Collection : 1st International Radiation proteomics Workshop, München, 2009, S. 24

Guertler, A.; Gomolka, M.; Roessler, U.; Hornhardt, S.; Kulka, U.; Kraemer, A.; Moertl, S.; Friedl, A.; Illig, T.; Wichmann, H.

The WST survival assay - easy and reliable method to screen radiation sensitive individuals

In: Abstract Collection : 15th International symposium on microdosimetry, Verona, 2009

Guertler, A.; Roessler, U.; Hornhardt, S.; Kulka, U.; Kraemer, A.; Moertl, S.; Friedl, A.; Illig, T.; Wichmann, H.; Gomolka, M.

The WST survival assay - an easy and reliable method to screen radiation sensitive individuals

In: Abstract Collection : 12. Jahrestagung der Gesellschaft für biologische Strahlenforschung, Essen, 2009, S. 151

Hornhardt, S.; Roessler, U.; Rasenberger, A.; Sauter, W.; Bickeböller, H.; Illig, T.; Wichmann, H.; Gomolka, M.

Radiation sensitivity and genetic predisposition in young lung cancer patients

In: Abstract Collection : 3rd US-EU Workshop: Systems level understanding of DNA damage responses, Egmond aan Zee, 2009

Hornung, L.

The IAEA activity concentration values for exclusion, exemption and clearance - an analysis of numerical values and open questions

In: Proceedings: 6th International Symposium on Release of Radioactive Materials from Regulatory Requirements - Provisions for Exemption and Clearance, Wiesbaden, 2009

Kirchner, G.; Steiner, M.; Zähringer, M.

A new approach to estimate nuclide ratios from measurements with activities close to background

In: 14. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltra dioaktivität, Freiburg, 2009

Merk, R.

Numerical modelling of the water pathway for radionuclides in weakly contaminated rubble deposited after clearance

In: Proceedings : 6th International Symposium on Release of Radioactive Materials from Regulatory Requirements - Provisions for Exemption and Clearance, Wiesbaden, 2009, Poster

Pophof, B.; Asmuß, M.; Baldermann, C.; Dehos, A.; Gerschwendtner, D.; Kreuzer, M.; Pözl, C.; Zeigelberger, G.; Matthes, R.

German Mobile Telecommunication Research Programme - Conclusions and Perspectives

In: Abstract Collection : BIOEM 2009 : Joint Meeting of the BioElectromagnetics Society and the European BioElectromagnetics Association, Davos, 2009

Purtschert, R.; Loosli, H.; Sartorius, H.; Schlosser, C.; Schmid, S.

Kr-85 measured at Jungfrauoch and elsewhere : a versatile global tracer

In: Top science at the top of Europe - 75 Jahre Forschung auf dem Jungfrauoch : Anniversary Booklet HFSJG / Hrsg.: Balsiger, Hans ; Flückler, Erwin, Bern, 2009

*Rabus, H.; Gargioni, E.; Hilgers, G.; Giesen, U.; Gomolka, M.; Kriehuber, R.; Seidl, C.; Bug, M.; Großwendt, B.; Hornhardt, S.; Kulka, U.; Oestreicher, U.; Pomplun, E.; Rössler, U.; Senekowitsch-Schmidtke, R.*

NanoCoRD: A network for advanced concepts of radiation dosimetry based on radiobiology and nanodosimetry  
In: Abstract book : 37th Annual Meeting of the European Radiation Research Society, Prag, 2009

*Steiner, M.; Hiersche, L.; Poppitz-Spuhler, A.; Ridder, F.*

Radioaktive Kontamination von Speisepilzen  
In: Pilzausstellung des Bundes Naturschutz, Arbeitsgemeinschaft Mykologie, Simbach/Inn, 2009, Poster

*Steiner, M.; Hiersche, L.; Poppitz-Spuhler, A.; Ridder, F.*

Radioaktive Kontamination von Speisepilzen  
In: 3. Bayrische Mykologische Tagung, St. Oswald, 2009, Poster

*Steiner, M.; Hiersche, L.; Poppitz-Spuhler, A.; Ridder, F.*

Radioaktive Kontamination von Speisepilzen  
In: Pilzausstellung des Vereins für Pilzkunde München e.V., München, 2009, Poster

*Steiner, M.; Zähringer, M.; Berlizov, A.; Kirchner, G.*

A new approach to estimate isotopic ratios in nuclear

and radiological materials from nuclear spectrometric measurements with count rates close to background  
In: Proceedings : 50th Annual Meeting of the Institute of Nuclear Materials Management, Tucson, 2009

*Steiner, M.*

Radioökologische Messergebnisse in Deutschland  
In: 20 Jahre wissenschaftliche Erkenntnisse nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl : Symposium des Gemeinschaftsausschusses Strahlenforschung (GAST), Heidelberg, 2009

*Thuma, G.; Türschmann, M.; Krauß, M.*

Development of advanced methods for seismic probabilistic safety assessments  
In: Safety, Reliability and Risk of Structures, Infrastructures and Engineering Systems : 10th International Conference on Structural Safety and Reliability, ICOSSAR, Osaka, Japan, 2009, CRC Press, 2009, 1641-1645  
ISBN 978-0-415-47557-0

*Weiss, W.*

Optimisation of protection as applicable to geological disposal: the ICRP view  
In: Proceedings : First RWMC-RF Workshop, Tokyo, OECD/NEA, 2009

# ABKÜRZUNGEN

Abbreviations

<b>AGO</b>	Arbeitsgruppe Optionenvergleich (Asse)	<b>DRW</b>	Diagnostischer Referenzwert
<b>AREVA NC</b>	Die AREVA NC (früher: COGEMA) betreibt u. a. die Wiederaufarbeitungsanlage in Cap de la Hague (Frankreich).	<b>DNA</b>	Deoxyribonucleic acid (Desoxyribonukleinsäure)
<b>ÄS</b>	Ärztliche Stellen	<b>DWR</b>	Druckwasserreaktor
<b>AtG</b>	Atomgesetz	<b>EMF</b>	Elektromagnetische Felder
<b>AtSMV</b>	Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung	<b>ERAM</b>	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
<b>AVR</b>	Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Jülich	<b>ERR</b>	Excess Relative Risk (Zusätzliches Relatives Risiko)
<b>BAM</b>	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	<b>EU</b>	Europäische Union
<b>BBergG</b>	Bundesberggesetz	<b>EURADOS</b>	Europäische Strahlenschutzdosimetriegruppe (European Radiation Dosimetry Group)
<b>BfS</b>	Bundesamt für Strahlenschutz	<b>EURANOS</b>	European Approach to Nuclear and Radiological Emergency Management and Rehabilitation Strategies
<b>BGBI</b>	Bundesgesetzblatt	<b>EURDEP</b>	European Data Exchange Platform
<b>BMBF</b>	Bundesministerium für Bildung und Forschung	<b>EVU</b>	Energieversorgungsunternehmen
<b>BMG</b>	Bundesministerium für Gesundheit	<b>GDI</b>	Geodateninfrastruktur
<b>BMU</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	<b>GRS</b>	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH
<b>BMVBS</b>	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	<b>GSF</b>	Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (heute: HMGU)
<b>BUND</b>	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland	<b>HMGU</b>	Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt GmbH (früher: GSF)
<b>BVerfG</b>	Bundesverfassungsgericht	<b>HPA</b>	Health Protection Agency (UK)
<b>BVerwG</b>	Bundesverwaltungsgericht	<b>IAEA</b>	International Atomic Energy Agency
<b>BZA</b>	Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH	<b>IARC</b>	International Agency for Research on Cancer
<b>CASTOR</b>	Cask for storage and transport of radioactive Material	<b>ICNIRP</b>	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
<b>CEN</b>	Europäisches Komitee für Normung	<b>ICRP</b>	International Commission on Radiological Protection
<b>CNS</b>	Convention on Nuclear Safety (Nukleare Sicherheitskonvention)	<b>IMIS</b>	Integriertes Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität
<b>CT</b>	Computertomographie	<b>INES</b>	International Nuclear Event Scale
<b>DBE</b>	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH	<b>IRS</b>	Incident Reporting System
<b>DDREF</b>	Dosis- und Dosisleistungs-Effektivitätsfaktor	<b>IRSN</b>	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (Frankreich)
<b>DFP</b>	Dosisflächenprodukt	<b>KI</b>	Konfidenzintervall
<b>DIBt</b>	Deutsches Institut für Bautechnik	<b>KiKK</b>	Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (Studienname)
<b>DIN</b>	DIN Deutsches Institut für Normung e.V.	<b>LAVES</b>	Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
<b>DKKR</b>	Deutsches Kinderkrebsregister		
<b>DMF</b>	Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm		

<b>LBEG</b>	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie	<b>SAR</b>	Spezifische Absorptionsrate
<b>LUFA</b>	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt	<b>SSK</b>	Strahlenschutzkommission
<b>MLU</b>	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt	<b>StrlSchV</b>	Strahlenschutzverordnung
<b>NLWKN</b>	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz	<b>StrVG</b>	Strahlenschutzvorsorgegesetz
<b>NIR</b>	Nichtionisierende Strahlung	<b>TBL Ahaus</b>	Transportbehälterlager Ahaus
<b>NiSG</b>	Gesetz zur Regelung des Schutzes vor nichtionisierender Strahlung	<b>TBL Gorleben</b>	Transportbehälterlager Gorleben
<b>NMU</b>	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz	<b>TrinkwV</b>	Trinkwasserverordnung
<b>ODL</b>	Ortsdosisleistung/Umgebungs-Äquivalentdosisleistung	<b>UFOPLAN</b>	Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums
<b>OECD / NEA</b>	Organisation für ökonomische Zusammenarbeit und Entwicklung/Nukleare Energieagentur	<b>UNSCEAR</b>	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
<b>OR</b>	Odds Ratio	<b>URA</b>	Zentrales Radionuklidlaboratorium Umwelt-Radioaktivität der Universität Regensburg
<b>OVG</b>	Oberverwaltungsgericht	<b>UV</b>	Ultraviolettes Licht
<b>PARK</b>	Programmsystem zur Abschätzung und Begrenzung radiologischer Konsequenzen	<b>UVI</b>	UV-Index
<b>PTB</b>	Physikalisch-Technische Bundesanstalt	<b>VerSi</b>	Vergleichende Sicherheitsanalysen
<b>REI</b>	Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen	<b>VGH</b>	Verwaltungsgerichtshof
<b>RESA</b>	Reaktorschnellabschaltung	<b>VKTA</b>	Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V.
<b>RODOS</b>	Real-time Online Decision Support System	<b>WHO</b>	Weltgesundheitsorganisation
<b>RöV</b>	Röntgenverordnung	<b>WKP</b>	Wiederkehrende Prüfung (in deutschen KKW)
<b>RSK</b>	Reaktor-Sicherheitskommission	<b>WLM</b>	Working Level Months
		<b>WLN</b>	Weiterleitungsnachricht
		<b>ZfP</b>	Zerstörungsfreie Prüfung
		<b>ZLN</b>	Zwischenlager Nord



**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