



JAHRESBERICHT 2006



Bundesamt für Strahlenschutz

IMPRESSUM:

Herausgeber: Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 10 0149
D-38201 Salzgitter
Telefon: +49(0)30 18333-0
Telefax: +49(0)30 18333-1885

E-Mail: ePost@bfs.de

Internet: www.bfs.de

Redaktion: Lutz Ebermann

Gestaltung/Druck: MAREIS DRUCK GmbH
Zeissstraße 8
89264 Weißenhorn

Fotos: BfS
und genannte Quellen

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	1
Vorwort	3

AKTUELLE ENTWICKLUNGEN AUF DEM GEBIET DER ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE 5

Einleitung	5
Abfallmengen	5
Standortauswahlverfahren (am Beispiel Gorleben)	6
Kriterien für die Endlagerung	7
Internationaler Stand der Endlagerung	9
Deutsche Beteiligung am Standortsuchverfahren der Schweiz	11
Konzeptionelle und sicherheitstechnische Einzelfragen der Endlagerung	13
Untersuchungen zur Standortauswahl in Deutschland	13
Ausblick	16

DAS BfS ALS WHO-KOOPERATIONSZENTRUM FÜR IONISIERENDE UND NICHTIONISIERENDE STRAHLUNG 18

Das internationale Radon-Projekt der WHO (WHO-IRP)	18
Das internationale WHO-Projekt zu elektromagnetischen Feldern (WHO-EMF)	19
Das internationale UV-Projekt der WHO (WHO-Intersun)	20

WEITERE ARBEITSSCHWERPUNKTE DES BfS 21

DER UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES BUNDESUMWELTMINISTERIUMS - FORSCHUNG FÜR DIE VERBESSERUNG DER NUKLEAREN SICHERHEIT UND DES STRAHLENSCHUTZES 21

Probabilistische Sicherheitsanalyse für deutsche Siedewasserreaktoren der Baulinie 69	21
Zuverlässigkeitsbewertung von digitaler Sicherheitsleittechnik in kerntechnischen Anlagen	23
Erhöhung der Sicherheit bei der innerstaatlichen und grenzüberschreitenden Beförderung radioaktiver Stoffe ...	25
Kommunikation mit der Öffentlichkeit bei radiologischen Ereignissen in kerntechnischen Anlagen	25
Dosisermittlung bei zahnmedizinischen Röntgenuntersuchungen	26
Bedeutung molekularer Strahlenwirkungen für die individuelle Strahlenempfindlichkeit	27

ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE 29

Schachtanlage Konrad (Salzgitter)	29
Endlager Morsleben (ERAM)	29
Erkundungsbergwerk Gorleben	30
Zwischenlagerung von Kernbrennstoffen	30
Transporte von radioaktiven Stoffen und Kernbrennstoffen	33

SICHERHEIT IN DER KERntechnik	36
Informationssystem Stilllegung – Neue Datenbank unterstützt Bundesaufsicht	36
Internationaler Stand der Anwendung periodischer Sicherheitsüberprüfungen	37
SCHUTZ VOR IONISIERENDER UND NICHTIONISIERENDER STRAHLUNG	39
Gesundheitliche Folgen des Unfalls von Tschernobyl	39
Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm in der Schlussphase	41
Bestimmung der Exposition der Bevölkerung in der Umgebung von digitalen Rundfunk- und Fernsehsendern	43
Risiken der Anwendung ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe in der medizinischen Diagnostik während der Schwangerschaft	44
Ergebnisse der Uranbergarbeiterstudie: Risiken von Lungentumoren und Herz-Kreislauf-Erkrankungen	45
SCHUTZ VOR RADIOAKTIVITÄT IN DER UMWELT	48
Natürliche Radionuklide in Naturwerksteinen	48
Natürliche Radioaktivität in Trink- und Mineralwässern	49
Radioaktive Belastung von Speisepilzen und Wildbret – aktuelle Messwerte	51
Messungen von Radioxenon komplettieren den Nachweis des nordkoreanischen Kernwaffentests	52
Konzeptionelle Überlegungen zum Schutz von Tieren und Pflanzen vor ionisierender Strahlung	53
Internationale Vergleichsanalyse zur gammaspektrometrischen Bestimmung der natürlichen Radioaktivität in einer Bodenprobe	54
AUSGEWÄHLTE EINZELTHEMEN	57
Nuklearspezifische Gefahrenabwehr im Jahr 2006	57
Meldepflichtige Ereignisse in kerntechnischen Einrichtungen 2006 – Teil der Betriebserfahrungen	59
Dokumentation der in den deutschen Kernkraftwerken erzeugten Strommengen	60
Modernisierung des ODL-Messnetzes – aktuelle Entwicklungen und Perspektiven	62
Neue biokinetische Modelle und Dosiskoeffizienten der ICRP	63
Europäisches ALARA-Netzwerk – 10 Jahre Netzwerkarbeit zur Optimierung des Schutzes bei Strahlenanwendungen in Medizin, Industrie und Forschung	64
Die Bedeutung mikrobiologischer Prozesse in Halden und Absetzanlagen für den praktischen Strahlenschutz	65
BfS: FAKTEN UND ZAHLEN	67
Haushalt und Personal	67
Modernisierung des Bundesamts für Strahlenschutz	68
PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	70
PUBLIKATIONEN	73
ABKÜRZUNGEN	79

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

auch im Jahr 2006 hat sich das Bundesamt für Strahlenschutz wieder vielfältigen Herausforderungen im Bereich des Strahlenschutzes erfolgreich gestellt.

Besonders freut es uns, dass das BfS eine internationale Wertschätzung seiner wissenschaftlichen Kompetenz durch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) erfahren hat. Das BfS ist zu einem der wenigen weltweit tätigen WHO-Kooperationszentren für ionisierende und nichtionisierende Strahlung bestellt worden. Damit leistet das Bundesamt für Strahlenschutz einen entscheidenden Beitrag Deutschlands zur Verbesserung des Strahlenschutzes für Mensch und Umwelt auch auf internationaler Ebene. Als Kooperationszentrum erhebt das BfS repräsentative Daten bezogen auf die Bevölkerung Deutschlands und stellt diese der WHO zur Verfügung. Das BfS unterstützt die WHO durch Initiierung und Koordinierung von Forschungsvorhaben, um offene wissenschaftliche Fragen bezüglich gesundheitlicher Aspekte zu klären. Die Veranstaltung wissenschaftlicher Kongresse und die Veröffentlichung der Forschungsergebnisse gehören ebenso zu den Aufgaben des Kooperationszentrums wie die aktive Unterstützung der WHO bei der Erstellung von verständlichen Informationsmaterialien für die Öffentlichkeit, insbesondere auch für Kinder und Jugendliche. Für die WHO und das BfS ist mit dieser Bestellung die Erwartung auf eine Vertiefung der Zusammenarbeit auf den Themenfeldern Schutz vor den Risiken des radioaktiven Edelgases Radon, elektromagnetischer Felder sowie ultravioletten Lichts verknüpft.

Strahlenschutz ist zu großen Teilen Verbraucherschutz, dies hat sich in unserer Arbeit im vergangenen Jahr erneut erwiesen. Verbraucherschutz erfordert Transparenz – Transparenz über erwiesene Risiken einerseits und noch offene Forschungsfragen andererseits, aber auch darüber, wie staatliche Entscheidungen mit Risiko bezug zustande kommen.

Das BfS identifiziert u. a. Gesundheitsrisiken der UV-Strahlung und informiert die Öffentlichkeit zielgruppenbezogen über Risiken und mögliche Schutzmaßnahmen. Insbesondere der Schutz von Kindern und Jugendlichen ist mir ein besonderes Anliegen. Hautkrebs ist wegen seiner langen Latenzzeit bei Kindern und Jugendlichen eine äußerst seltene Erkrankung. Das Risiko dieser Personengruppe, im späteren Leben an Hautkrebs zu erkranken, steigt jedoch, wenn bereits in Kindheit und Jugend vermehrt Sonnenbrände infolge einer Exposition an UV-Strahlung stattgefunden haben. Anzahl und Stärke der Sonnenbrände beeinflussen nachhaltig die Ausprägung von Zellschäden, die bei Wiederholungen zunehmen und dadurch spätere Hautkrebserkrankungen verursachen können. Daher spreche ich mich dafür aus, den Besuch von Solarien für Kinder und Jugendliche unter 18 Jahren gesetzlich zu untersagen.



Moderner Verbraucherschutz ist vorsorgend, will nicht erst eingetretene Schäden „reparieren“, sondern bereits im Vorfeld handeln. Im Bereich Strahlenschutz ist der Vorsorgegedanke zentral, da Schädigungen im Nachhinein in aller Regel nicht rückgängig gemacht werden können. Verbraucher benötigen hier umso mehr unparteiliche Beratung, da der Mensch kein Sinnesorgan hat, um für die Gesundheit bedenkliche Strahlung wahrzunehmen.

Veränderte politische Rahmenbedingungen in Deutschland, neue wissenschaftliche Erkenntnisse sowie eine global angespannte Sicherheitslage haben in den vergangenen Jahren neue Herausforderungen für das BfS geschaffen. Zusätzliche Aufgaben bei gleichzeitig abnehmendem Personalbestand erforderten und erfordern die laufende Modernisierung der internen Organisation. Im vergangenen Jahr hat sich eine Arbeitsgruppe unabhängiger Verwaltungswissenschaftler und -praktiker umfassend mit den Aufgaben, Strukturen und Herausforderungen des Bundesamtes für Strahlenschutz auseinandergesetzt und Empfehlungen für die weitere Entwicklung des Amtes gegeben. In ihrem Bericht hat die Expertengruppe auch die im Mai 2006 veröffentlichte Bewertung des Wissenschaftsrats, in der dieser dem BfS u. a. Versäumnisse bei der Forschung vorgeworfen hatte, im Wesentlichen als sachfremd kritisiert und konkrete, an den gesetzlichen Aufgaben des BfS orientierte und praxisnahe Vorschläge erarbeitet, wie das BfS weiter modernisiert werden sollte. Die Empfehlungen werden im laufenden Jahr auf die Umsetzbarkeit hin bewertet.

Mit der Entscheidung des Bundesverwaltungsgerichtes am 3. April 2007 zum Genehmigungsverfahren Endlager Konrad ist nach dem eigentlichen Berichtsjahr eine wesentliche Weichenstellung hinsichtlich der Endlagerung von radioaktiven Abfällen erfolgt. Die Genehmigung zur Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle in der Erzgrube in unmittelbarer Nachbarschaft der Zentrale des Bundesamtes für Strahlenschutz ist rechtskräftig und damit vollziehbar. Als verantwortlicher Betreiber wird sich das gesamte Amt unter der Prämisse der Sicherheit den vor uns liegenden Herausforderungen bei der Errichtung und dem ab dem Jahr 2013 geplanten Betrieb stellen.

Allen, die uns bei der Erfüllung unserer Aufgaben unterstützen oder unsere Aufmerksamkeit durch Hinweise auf

neue Aspekte gelenkt haben, möchte ich an dieser Stelle danken.

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



Wolfram König
Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz

AKTUELLE ENTWICKLUNGEN AUF DEM GEBIET DER ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

EINLEITUNG

Ansprechpartner:

Ulrich Kleemann (030 18333-1600)

Nach derzeitigen Abschätzungen werden bis zum Jahr 2040 in Deutschland ca. 270.000 m³ radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und ca. 24.000 m³ wärmeentwickelnde hochradioaktive Abfälle anfallen. Während für die langfristige Entsorgung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung praktische Erfahrungen und im Ausland betriebene Endlager verfügbar sind, existiert bislang weltweit noch kein genehmigtes Endlager für hochradioaktive Abfälle. Ein Endlager für hochradioaktive Abfälle, insbesondere abgebrannte Brennelemente, ist sicherheitstechnisch unter anderen Gesichtspunkten zu bewerten als Endlager für Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung. Hochradioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente werden auch nach mehr als einer Million Jahre noch eine so hohe Radioaktivität haben, dass sie auch dann noch ein erhebliches Gefährdungspotenzial für Mensch und Umwelt darstellen. Die Anfangsaktivität dieser Abfälle wird um den Faktor 1.000 höher sein als zum Beispiel das für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung genehmigte und geplante Endlager Konrad. Dem langfristigen zuverlässigen Abschluss der Abfälle von der Biosphäre kommt eine entscheidende Bedeutung zu. Die Fachwelt ist sich einig, dass dies am besten in tiefen geologischen Formationen realisierbar ist, wobei der Wirksamkeit und Beständigkeit der geologischen Barrieren eine zentrale Bedeutung zukommt. Mit der Standortauswahl für ein solches Endlager wird maßgeblich die Langzeitsicherheit des Endlagers bestimmt.

Der Schutz vor den Gefahren der Atomenergie wird in Deutschland durch den das gesamte Atomrecht prägenden Grundsatz der Schadensvorsorge nach dem Stand von Wissenschaft und Technik bestimmt. Das Gesetz legt damit die Exekutive auf den Grundsatz der bestmöglichen Gefahrenabwehr und Risikoversorge fest. Dieser erfordert eine laufende Anpassung der für eine Risikobeurteilung maßgeblichen Umstände an den jeweils neuesten Erkenntnisstand. Hieraus folgt, dass nur durch die Untersuchung und den Vergleich alternativer Endlagerstandorte und Wirtsgesteine festgestellt werden kann, an welchem Standort die nach Abschluss des Standortvergleichs dann bestmögliche Sicherheit gegeben ist.

Die Standortauswahl eines Endlagers steht in einem großen gesellschaftlichen Spannungsfeld, das die Realisierung eines Endlagers erschweren bzw. verzögern kann. Internationale Organisationen wie die Organisati-

on für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD/NEA) befassen sich deshalb mit den Voraussetzungen, die gegeben sein müssen, damit die Endlagerrealisierung dem Primat der Sicherheit entspricht und gleichzeitig die gesellschaftlichen Interessen in angemessener Weise berücksichtigt.

Die Realisierung eines sicheren Endlagers und die Gestaltung eines Verfahrens zur Auswahl eines Endlagerstandortes stellen aus vorgenannten Gründen einen Schwerpunkt der zukünftigen Arbeiten des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) dar. Seit dem Jahr 2000 werden zahlreiche Studien und Untersuchungsvorhaben zur konzeptionellen und wissenschaftlichen Vorbereitung eines Verfahrens zur Auswahl eines dann bestmöglichen Endlagerstandortes durchgeführt.

ABFALLMENGEN

Ansprechpartnerin:

Karin Kugel (030 18333-1910)

Voraussetzung für die Planung eines Endlagers und eine auf den nationalen Bedarf angepasste Auswahl eines Endlagerstandortes sind die Kenntnisse über die angefallenen und noch zu erwartenden radioaktiven Abfälle, einschließlich der abgebrannten Brennelemente. Das Bundesamt für Strahlenschutz ermittelt in jedem Jahr den Bestand an unbehandelten radioaktiven Reststoffen sowie den Anfall und Bestand an konditionierten radioaktiven Abfällen in Deutschland. Darüber hinaus werden in regelmäßigen Abständen Prognosen für die zu erwartenden konditionierten radioaktiven Abfälle nach Angaben der Abfallverursacher erstellt.

Nach diesen Erhebungen lagen am 31.12.2004 insgesamt ca. 29.800 m³ unbehandelte Reststoffe, ca. 8.000 m³ Zwischenprodukte und ca. 83.000 m³ konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (schwach- und mittelradioaktiv) sowie ca. 60 m³ unbehandelte und 1.740 m³ konditionierte wärmeentwickelnde Abfälle (hochradioaktiv) vor. Der Bestand an wärmeentwickelnden Abfällen setzt sich überwiegend aus den abgebrannten Brennelementen des ehemaligen Hochtemperaturreaktors in Hamm-Uentrop (THTR) und aus den aus der Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente im Ausland zurückgeführten hochaktiven Glaskokillen zusammen. Hinzu kommen die nicht konditionierten abgebrannten Brennelemente, die sich in den zentralen und dezentralen Zwischenlagern befinden. Derzeit sind dies 1.579 Mg (Megagramm, 1 Mg = 1 t) Schwermetallmasse.

Für Endlagerplanungsarbeiten ist es erforderlich, über zuverlässige Prognosen des zukünftigen Abfallaufkommens zu verfügen. Die Prognosen gehen von einer Beendigung der Kernenergienutzung zur Stromerzeugung etwa 2022 aus. Die Prognose umfasst auch den Abfall aus der Stilllegung und dem Abbau von kerntechnischen Anlagen.

Der prognostizierte Bestand an wärmeentwickelnden Abfällen im Jahr 2030 wird insgesamt ca. 24.000 m³ (dies entspricht ca. 17.000 t Schwermetall aus abgebrannten Brennelementen und Wiederaufarbeitungsabfällen) betragen, wobei nach dem Atomgesetz ab 2030 keine weiteren wärmeentwickelnden Abfälle zu erwarten sind. Das Volumen des Abfalls wird auf der Basis des Referenzkonzeptes für die direkte Endlagerung abgebrannter Brennelemente in POLLUX-Behältern berechnet. Diese Abfälle enthalten mehr als 99,9 % der Aktivität aller endzulagernden radioaktiven Abfälle. Die zukünftig durchzuführenden Endlagerplanungsarbeiten müssen insbesondere den Abbrand, die davon abhängige Radionuklidzusammensetzung, die Wärmeleistung und die Verpackungskonzepte für diese Abfälle berücksichtigen.

Die nachfolgende Abbildung stellt den zeitlichen Verlauf der Gesamtaktivität wärmeentwickelnder Abfälle dar. Auch nach einer Million Jahre beträgt die Aktivität der wärmeentwickelnden Abfälle ca. 10¹⁶ Bq, d. h. mehr als die derzeitige Aktivität der noch endzulagernden, nicht wärmeentwickelnden Abfälle.

Aktuell werden von den Kraftwerksbetreibern die Abbrände der eingesetzten Brennelemente erhöht. Dies

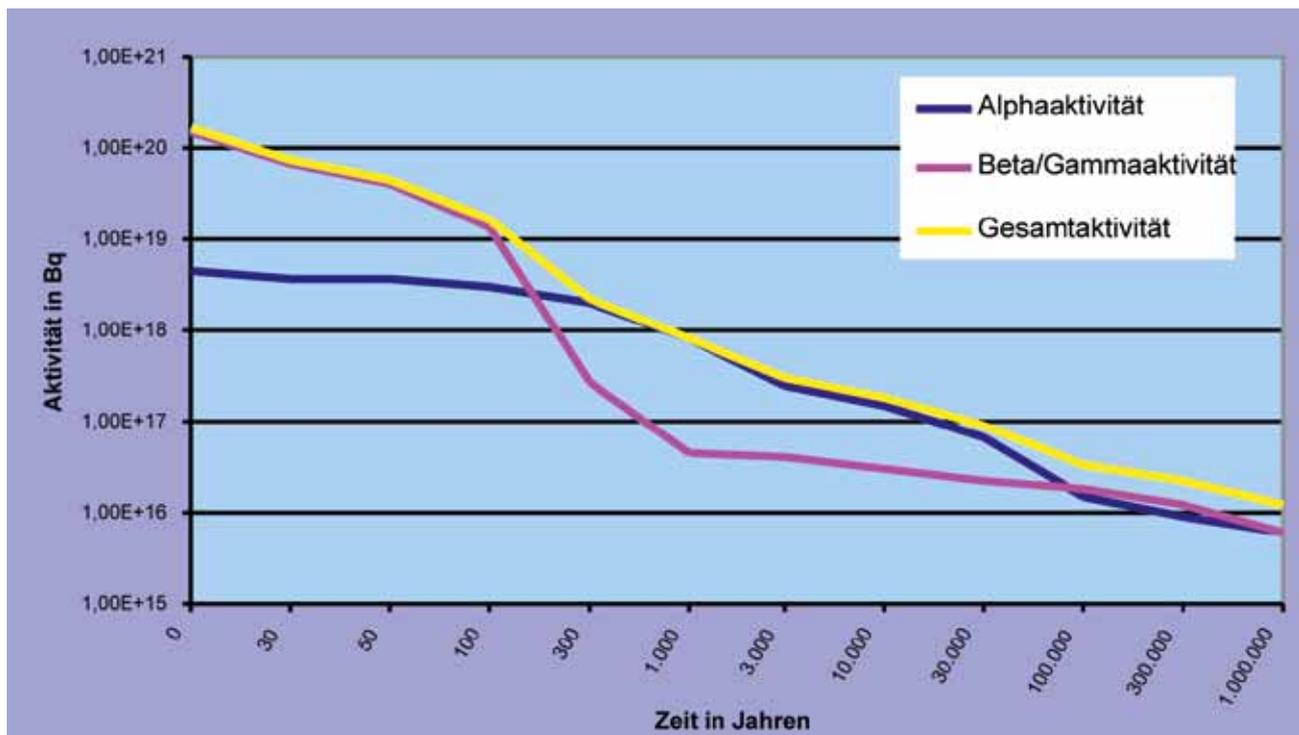
verringert die Zahl der zu erwartenden abgebrannten Brennelemente, erhöht aber die Wärmeleistung der einzelnen Brennelemente. Die Gesamtwärmeleistung aus abgebrannten Brennelementen ändert sich nicht nennenswert bei einer Erhöhung der Abbrände, wenn die produzierte Strommenge gleich bleibt. Während die Brennelemente früher einen mittleren Zielabbrand von 36 Gigawatttagen pro Tonne Schwermetall (GWd/tSM) hatten, wird derzeit von einem Zielabbrand von bis zu 60 GWd/tSM ausgegangen.

STANDORTAUSWAHLVERFAHREN (AM BEISPIEL GORLEBEN)

Ansprechpartner:

Matthias Beushausen (030 18333-1820)

Für die Endlagerung aller Arten radioaktiver Abfälle, d. h. auch für hochradioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente, wurde bis 1998 allein der Salzstock Gorleben auf seine Eignung untersucht. Die Vorauswahl von Gorleben als Endlagerstandort geht auf Überlegungen der damaligen Kernbrennstoffwiederaufarbeitungsgesellschaft (KEWA) für einen Wiederaufarbeitungsstandort zurück. In Gesprächen zwischen den potenziellen Betreibern der Anlage, dem damaligen Bundesforschungsministerium und dem ehemaligen Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung wurde die schon in den 60er Jahren als beste Lösung des Entsorgungsproblems angesehene Idee eines Standortes mit Endlagerpotenzial – d. h. mit einem für die Endlagerung radioaktiver Abfälle geeigneten Salzstock – aufgegriffen.



Zeitlicher Verlauf der Gesamtaktivität wärmeentwickelnder Abfälle

Im Jahr 1974 stellte die Bundesregierung das Konzept des nationalen Nuklearen Entsorgungszentrums (NEZ) vor. An einem Ort sollten Wiederaufarbeitung, Brennelementfertigung, Konditionierung radioaktiver Abfälle und ein Endlager für die Entsorgung von damals geplanten 40 bis 50 Kernkraftwerken konzentriert werden. Eine bundesweite Suche (beschränkt auf das Gebiet der damaligen Bundesrepublik) nach einem Standort für das NEZ mit einer Fläche von 12 km² unter Einbeziehung eines für die Endlagerung geeigneten Salzstockes wurde durchgeführt. Aufgabe war es, in dünn besiedelten Regionen, die nicht als Naturschutz- oder Erholungsgebiete ausgewiesen waren und die keine bedeutende Milchproduktion aufweisen durften, ein Gelände mit einem völlig siedlungsfreien Raum zu suchen. Die gefundenen Gebiete, die diese Bedingungen erfüllen, waren anschließend einer näheren Untersuchung zu unterziehen. Für das Endlager wurde ausschließlich nach einem geeigneten Salzstock nach den Kriterien „Entfernung zum Standortgelände, Teufenlage des Salzstocks, Entfernung zum Süßwasser, Entfernung zum nächsten bergbaulich genutzten Gebiet und frühere Erkundung durch Bohrungen“ gesucht. Die von der Bundesregierung geplanten Standorterkundungen an den Standorten Wahn, Lichtenhorst und Lutterloh wurde nicht zuletzt auf Grund von Widerständen der Bevölkerung an den Standorten 1976 unterbrochen. Im Mai/Juni 1976 nahm eine interministerielle Arbeitsgruppe unter Federführung des Niedersächsischen Wirtschaftsministeriums zur Auswahl eines Standortes für ein Nukleares Entsorgungszentrum in Niedersachsen ihre Arbeit auf. Es wurden alle auf Grund ihres Endlagerpotenzials in Frage kommenden Standorte (mit Salzstöcken) unabhängig von der früheren Standortsuche der KEWA in Niedersachsen nach folgenden geologischen Endlagerkriterien untersucht: Lage des Betriebsgeländes (1200 ha, 3 x 4 km²) 100 % über dem Salzstock, Tiefenlage des Salzstockes (Teufe < 500 m). Daneben wurden für die Betriebssicherheit relevante und raumplanerische sowie sozio-ökonomische Kriterien herangezogen. Niedersachsen benannte im Februar 1977 auf der Grundlage dieser Kriterien den Standort Gorleben. In einer Notiz zur Pressekonzferenz von Ministerpräsident Albrecht wird die Entscheidung zu Gorleben erläutert. Hier werden explizit strukturpolitische Gründe (sozio-ökonomische Kriterien) genannt. Außerdem wurde festgestellt, dass eine Genehmigung nur erteilt wird, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt werden:

- Es muss die absolute Überzeugung bestehen, dass mit dem Bau und dem Betrieb der Anlage keinerlei Gefährdung der Umwelt und der dort lebenden Menschen verbunden ist.
- Die Genehmigung wird nur erteilt, wenn keine befriedigenden Alternativen für eine Endlagerung gefunden seien.

Eine Beteiligung der Öffentlichkeit oder eine vom Land Niedersachsen unabhängige Bewertung der Datenlage erfolgte nicht. Die Standortfestlegung erfolgte nicht auf Basis eines Standortauswahlverfahrens zur Ermittlung

eines bestmöglichen Endlagerstandortes. Mit der Erkundung des Standortes Gorleben für Errichtung und Betrieb eines Endlagers für alle Arten radioaktiver Abfälle wurde 1979 begonnen.

Unbeschadet der Erkundung in Gorleben wurde 1990 in der Koalitionsvereinbarung zur 12. Legislaturperiode zwischen CDU/CSU und FDP die Untersuchung weiterer möglicher Standorte vorgesehen. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR, www.bgr.bund.de) wurde deshalb vom damaligen Bundesministerium für Forschung und Technologie beauftragt, den Kenntnisstand um Kristallinvorkommen als potenzielle Endlagerstandorte zu vervollständigen. 1992 hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, www.bmu.de) die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe beauftragt, eine Studie zur Untersuchung und Bewertung von Salzstrukturen in den alten und neuen Bundesländern als potenzielle Endlagerstandorte vorzunehmen. 1994 und 1995 wurden die Ergebnisse von der BGR veröffentlicht. Eine Erkundung weiterer Standorte erfolgte nicht.

Im Jahr 1998 hatten SPD und Bündnis 90/Die Grünen in ihrer Koalitionsvereinbarung ebenfalls die Erkundung weiterer Standorte in unterschiedlichen Wirtsgesteinen vorgesehen. Vorher sollten allerdings im Auftrag des Bundesumweltministers vom Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd, www.AkEnd.de) die Kriterien und das Verfahren zur Auswahl weiterer Standorte festgelegt werden. Ende 2002 lagen die Empfehlungen des AkEnd zur Gestaltung eines Auswahlverfahrens vor. Eine Festlegung auf ein Auswahlverfahren durch die Bundesregierung erfolgte bislang nicht. Im Jahr 2003 veröffentlichte die BGR eine Studie über die Verbreitung von Salz- und Tongesteinen als potenzielle Wirtsgesteine für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland.

KRITERIEN FÜR DIE ENDLAGERUNG

Ansprechpartner:

Jürgen Wollrath (030 18333-1964)

Unterscheidung in Auswahlkriterien und Sicherheitsanforderungen

Bei der Realisierung eines Endlagers ist zwischen Auswahlkriterien für eine Standortwahl und Sicherheitsanforderungen für den Nachweis der Sicherheit zu unterscheiden. Auswahlkriterien sind Planungskriterien, die dafür sorgen, dass der nach Abschluss einer Standortauswahl und eines Standortvergleichs dann bestmögliche Standort für die Realisierung eines Endlagers gefunden werden kann. Die geologische Gesamtsituation am Standort muss den langfristig sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle und einen sicheren Einlagerungsbetrieb ermöglichen. Außerdem ist ein Standort so auszuwählen, dass das Endlager einen Beitrag zur Entwicklung der Standortregion liefert. Der AkEnd hat deshalb ein Standortauswahlverfahren vorgeschlagen, das

nicht nur geowissenschaftliche, sondern auch raumplanerische und sozioökonomische Kriterien beinhaltet.

Die Sicherheitsanforderungen werden sowohl bei der Auswahl als auch bei der Beurteilung von Standorten im Rahmen von Sicherheitsanalysen angewendet. Sie enthalten die Bewertungsgrößen und Bewertungsmaßstäbe für die atomrechtliche Genehmigung eines Endlagers nach dem Stand von Wissenschaft und Technik. Sie sind ausgerichtet auf den langfristigen Schutz von Mensch und Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung. Die Sicherheitsanforderungen definieren Schutzziele, Anforderungen an das Sicherheitskonzept, Anforderungen an das Sicherheitsmanagement sowie Grundanforderungen an die zu führenden Sicherheitsnachweise.

Anhand der Auswahlkriterien und Sicherheitsanforderungen soll nach dem derzeitigen Konzept des BMU der Bundestag per Gesetz die Eignung eines Endlagerstandortes feststellen, bevor die jeweilige Landesgenehmigungsbehörde das Vorhaben prüfen und eine Genehmigung erteilen kann.

Internationale Empfehlungen

International anerkannte grundlegende Anforderungen an die Vorgehensweise zur Endlagerung radioaktiver Abfälle enthalten das gemeinsame Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle vom 5. September 1997 (Gesetz zu dem Übereinkommen über nukleare Entsorgung) und die Safety Fundamentals „The Principles of Radioactive Waste Management“ (IAEA Safety Series No. 111-F) der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEA, www.iaea.org) aus dem Jahr 1995. Geprägt von der Notwendigkeit, sehr unterschiedliche nationale Konzepte – z. B. auch die oberflächennahe Endlagerung – zu erfassen, sind sie in ihren Formulierungen allgemein gehalten. Danach hat die Endlagerung unter anderem so zu erfolgen, dass

- ein akzeptabler Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt unabhängig von nationalen Grenzen sichergestellt ist,
- vorhergesagte Einflüsse auf die menschliche Gesundheit zukünftiger Generationen nicht höher sind als heute akzeptierte und
- zukünftigen Generationen durch die Endlagerung keine unzumutbaren Lasten und Verpflichtungen auferlegt werden.

Für die Endlagerung in tiefen geologischen Schichten hat die IAEA im Jahr 2006 die Safety Requirements „Geological Disposal of Radioactive Waste“ (IAEA Safety Standards No. WS-R-4) herausgegeben, die, basierend auf den Safety Fundamentals, Anforderungen an das nationale Regelwerk zur Planung, Errichtung, zum Betrieb und Verschluss sowie zum Sicherheitskonzept und Sicherheitsnachweis beinhalten. Wesentliche Anforderungen betreffen

- die Forderung nach einem schrittweisen und nachvollziehbaren Vorgehen bei Planung, Errichtung und Sicherheitsbewertung,
- die Schaffung eines Systems gestaffelter Abwehrmaßnahmen zur Beherrschung von Störfällen während des Betriebs,
- die Errichtung eines robusten Mehrbarrierensystems für die Phase nach Verschluss,
- die Wartungsfreiheit des Endlagersystems nach Verschluss und
- den Wissenserhalt über das verschlossene Endlager.

Die Einhaltung dieser Anforderungen soll gewährleisten, dass ein Endlager so lokalisiert, ausgelegt, errichtet, betrieben, verschlossen und dokumentiert wird, dass insbesondere der Schutz in der Phase nach Verschluss unter Beachtung gesellschaftlicher und ökonomischer Faktoren optimiert ist und langfristig Risiken oder Dosisbelastungen mit angemessener Gewissheit nicht überschritten werden.

Die Empfehlungen der IAEA repräsentieren den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik bzgl. des Sicherheitsnachweises für ein Endlager. Während die fundamentalen Sicherheitsanforderungen seit langer Zeit praktisch unverändert fortbestehen, wird insbesondere bei den 2006 erschienenen Safety Requirements deutlich, dass bei der Endlagerplanung und Sicherheitsbewertung zunehmend Wert auf eine schrittweise Vorgehensweise mit festgelegten Verfahrensschritten und nachvollziehbar dokumentierten Entscheidungen gelegt wird.

Für die dabei zugrunde gelegten Strahlenschutzaspekte wird auf die Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP, www.icrp.org) zurückgegriffen, wobei insbesondere die ICRP-Publikation 81 „Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-Lived Solid Radioactive Waste“ aus dem Jahr 1999 die für die Phase nach Verschluss eines Endlagers potenziellen Strahlenbelastungen behandelt. Auch dort werden die schrittweise Vorgehensweise bei der Endlagerplanung und Sicherheitsbewertung gewürdigt und der Prozess der Optimierung des Endlagersystems im Hinblick auf die Begrenzung der potenziellen Strahlenbelastung gefordert. Eine quantitativ ermittelte Strahlenbelastung wird wegen der in der Zukunft immer weiter steigenden Unsicherheiten nicht als realer Wert, sondern als Indikator für die Sicherheit betrachtet, wobei die Unsicherheiten entsprechend gewürdigt werden müssen.

Das BfS unterstützt die Gremien der IAEA und der ICRP fachlich bei der Erarbeitung der Empfehlungen.

Sicherheitsphilosophie

Ein übergeordneter Rahmen, wie er auf internationaler Ebene mit den Empfehlungen der IAEA und der ICRP gegeben ist, fehlt auf nationaler Ebene. Insbesondere im Hinblick auf die Sicherheit eines verschlossenen Endlagers gibt es in Deutschland kein spezielles Regelwerk. Deshalb hat das Bundesamt für Strahlenschutz

einen Entwurf einer Sicherheitsphilosophie zur Endlagerung radioaktiver Abfälle erarbeitet und zur Diskussion gestellt. Ziel der Sicherheitsphilosophie ist es, den bisher fehlenden übergeordneten Rahmen darzustellen, der die für Deutschland grundlegenden sicherheitstechnischen Zielvorstellungen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle einschließt. Folgende Prinzipien sind zentraler Bestandteil der Sicherheitsphilosophie:

- Die Endlagerung in tiefen geologischen Schichten ist im Hinblick auf die Sicherheit und Realisierbarkeit ohne Alternative. Eine sichere Verwahrung der radioaktiven Abfälle ist für einen Zeitraum von mindestens einer Million Jahren nachzuweisen. Für diesen Zeitraum stehen geologische Verfahren, die eine belastbare Aussage über die Geosphäre zulassen, zur Verfügung.
- Die Endlagerung ist so zu planen und umzusetzen, dass zukünftige Generationen keinen Risiken ausgesetzt werden, die wir heute selbst nicht bereit wären zu akzeptieren. Weiterhin dürfen heutige Schutzstandards nicht soweit ausgeschöpft werden, dass zukünftigen Generationen jeder Handlungsspielraum genommen wäre, da zusätzliche Schadstofffreisetzungen dann unmittelbar zu einer Überschreitung heute akzeptierter Schutzstandards führen würden.
- Das Verfahren, mit dem die Entsorgungslösung erarbeitet und entsprechende Endlagerstandorte ausgewiesen werden, muss strengen Anforderungen genügen. Es muss insbesondere ergebnisoffen und verlässlich sein. Entscheidungsgrundlagen und -regeln müssen offengelegt, Entscheidungen müssen transparent getroffen werden sowie eine Überprüfung und gegebenenfalls Korrekturen zulassen.
- Entsprechend den Grundsätzen des Strahlenschutzes ist das Gesundheitsrisiko jedes Individuums zunächst absolut zu begrenzen und darüber hinaus soweit wie möglich zu reduzieren. Ein Vergleich von Alternativen trägt entscheidend zur Umsetzung des Minimierungsgebots beim Strahlenschutz bei.
- Um der Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen gerecht zu werden, ist es erforderlich, zügig nach einer bestmöglichen Lösung für die Endlagerung zu suchen. Dies bedeutet, dass die Auswahl mit Beteiligung der Bevölkerung unter dem Vorrang von Sicherheitsaspekten aus gesellschaftlich akzeptablen, technisch machbaren und ökonomisch vertretbaren Alternativen getroffen wird.

Sicherheitsanforderungen

Für die Betriebsphase eines Endlagers sind die Anforderungen durch das Atomgesetz (AtG), die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und die sinngemäße Anwendung der bestehenden untergesetzlichen Regelwerke festgelegt. Für den Zeitraum nach Verschluss eines Endlagers besteht noch erheblicher Regelungsbedarf. Der Entwurf einer vom BfS vorgelegten Sicherheitsphilosophie sollte nach Auffassung des BfS Basis zukünftiger Regelungen gesetzlicher und untergesetzlicher Art sein. Dies gilt insbesondere für die noch festzulegenden Kriterien zur Standortauswahl und die abschließend zu formu-

lierenden Sicherheitsanforderungen, die die Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk aus dem Jahr 1983 fortschreiben und durch je eine Leitlinie für die Betriebsphase und die Phase nach Verschluss des Endlagers ergänzen sollen.

Die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (GRS, www.grs.de) ist mit der Erarbeitung eines Vorschlags für die Fortschreibung der Sicherheitskriterien von 1983 beauftragt. Während die Sicherheitsphilosophie des BfS hauptsächlich darauf ausgelegt ist, im Rahmen der Prüfung von Alternativen einen möglichst guten Endlagerstandort zu finden und ein möglichst sicheres Endlager zu errichten, sind die Sicherheitsanforderungen darauf ausgerichtet aufzuzeigen, worauf die Planungen des Endlagers zielen und wie die Sicherheit eines Endlagers im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nachgewiesen werden muss. Sie berücksichtigen die internationale Entwicklung, insbesondere im Hinblick auf ein schrittweises Vorgehen bei der Endlagerplanung und -sicherheitsbewertung sowie bei der strahlenschutztechnischen Optimierung des Endlagers. Darüber hinaus sind auch Kriterien hinsichtlich weiterer Schutzgüter (z. B. Schutz der Umwelt) enthalten. Die Sicherheitsanforderungen stellen eine wesentliche Grundlage für die Fortsetzung der Arbeiten zur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle dar. Diese Arbeiten werden fachlich intensiv durch das BfS unterstützt.

INTERNATIONALER STAND DER ENDLAGERUNG

Ansprechpartner:

Peter Brennecke (030 18333-1900)

Für die Planung von Endlagern für radioaktive Abfälle sind die hierzu veröffentlichten Empfehlungen der IAEA und der OECD/NEA von grundlegender Bedeutung. Aus diesen Arbeiten resultieren folgende zentrale Elemente für die Realisierung eines Endlagers auf höchstmöglichem Sicherheitsniveau:

- Schrittweises Vorgehen mit eindeutig definierten Überprüfungs-schritten.
- Festlegung der Auswahlkriterien (Planungskriterien) und Definition von Schutzzielen und Sicherheitskriterien als Bewertungsmaßstab vor den jeweiligen Verfahrensschritten.
- Transparenz des Verfahrens und Beteiligungsmöglichkeiten.
- Unabhängige Festlegung und Auswertung der relevanten Standortdaten.

Sicherheit ist das Ergebnis eines dialogorientierten Planungs- und Bewertungsprozesses auf der Basis einer auf den Schutz von Mensch und Umwelt ausgerichteten Endlagerauslegung, die für alle Beteiligten nachvollziehbar und überprüfbar ist. Dies wird insbesondere deutlich durch die Arbeiten des Forum on Stakeholder Confidence (FSC) sowie der Arbeitsgruppe Integration Group

for the Safety Case (IGSC) der OECD/NEA. Das FSC befasst sich mit den gesellschaftlichen Anforderungen an die Vorgehensweise zur Realisierung eines sicheren Endlagers, die IGSC mit den wissenschaftlich-technischen Anforderungen an den Nachweis der Sicherheit eines Endlagers. Beide Aspekte müssen bei der Endlagerrealisierung berücksichtigt werden und sind eingeflossen in die Empfehlungen des vom Bundesumweltministerium eingerichteten Arbeitskreises Auswahlverfahren für Endlagerstandorte aus dem Jahr 2002.

Wissenschaftliche Arbeiten und Untersuchungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle werden seit etwa 50 Jahren durchgeführt. Für Abfälle mit vergleichsweise kurzlebigen Radionukliden, wie sie beim Betrieb von Kernkraftwerken oder bei der Radioisotopenanwendung in Medizin, Forschung und Industrie anfallen, haben sich oberflächennahe Endlager international durchgesetzt. Bei Abfällen mit vergleichsweise langlebigen Radionukliden, insbesondere bei wärmeentwickelnden hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung und abgebrannten Brennelementen, hat sich als ein wesentliches Ergebnis von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten relativ früh herausgestellt, dass ihre Einlagerung in tiefe geologische Formationen der Erdkruste als die sicherste Methode gilt. Insbesondere im Hinblick auf das Isolationspotenzial der vorgesehenen Wirtsgesteine, die Langzeitsicherheit und die Prognostizierbarkeit zukünftiger Entwicklungen wie auch auf den Stand von Wissenschaft und Technik hat sich diese Art der Entsorgung radioaktiver Abfälle als Option erwiesen, die im Vergleich zu den bisher untersuchten oder realisierten Möglichkeiten die meisten sicherheitstechnischen Vorteile auf sich vereint.

Für die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen und ausgedienten Brennelementen, die nicht wiederaufgearbeitet, sondern direkt endgelagert werden sollen, liegen bisher weltweit nur Planungsarbeiten in verschiedenen Stadien (konzeptionelle Überlegungen bis konkrete Planungen) vor. Ein betriebsbereites Endlager für diese Abfälle existiert bisher weltweit noch nicht. Der gegenwärtige Stand soll anhand der nachfolgenden Beispiele aufgezeigt werden.

USA

Für die Endlagerung von abgebrannten Brennelementen ist bisher der Standort Yucca Mountain in Nevada/USA am umfassendsten untersucht und durchgeplant worden. Der Benennung dieses Standortes ging der 1982 erlassene Nuclear Waste Policy Act voraus. Nach diesem Gesetz waren mehrere Standorte detailliert zu untersuchen, um eine Basis für die endgültige Standortauswahl zu schaffen. Aufgrund technischer und rechtlicher Schwierigkeiten sowie starker Opposition der betroffenen Bevölkerung wurde dieses Gesetz 1987 dahingehend geändert, dass nur noch der Standort Yucca Mountain zu untersuchen ist. Insofern basiert die Auswahl dieses Standortes auf einer politisch stark beeinflussten und nicht rein wissenschaftlich-technischen Entscheidung. Diese Festlegung ohne Alternativenbe-

trachtung führte dazu, dass während der Standorterkundung und Endlagerplanung mehrere Anpassungen der Kriterien und des Endlagerkonzeptes erforderlich wurden.

Finnland

In Finnland ist die rechtliche Grundlage für die Behandlung und Endlagerung radioaktiver Abfälle das Kernenergiegesetz von 1983 mit seiner Novellierung von 1994. Nach Festlegung regionaler Untersuchungsbereiche und der Durchführung von vorläufigen Untersuchungen an verschiedenen Standorten wurden schließlich vier Standorte unter Einbeziehung von Umweltverträglichkeitsprüfungen detailliert im Zeitraum von 1993 bis 2000 untersucht. Mit Zustimmung der Standortgemeinde Eurajoki, mit der wirtschaftliche Kompensationen in Höhe von etwa 11 Mio. EUR vereinbart wurden, wurde der Standort Olkiluoto ausgewählt. In unmittelbarer Nähe zu den dortigen Kernkraftwerken soll das Endlager für abgebrannte Brennelemente in einer kristallinen Gesteinsformation in einer Teufe von etwa 400 m bis 700 m errichtet werden. Die Inbetriebnahme des Endlagers ist für das Jahr 2020 vorgesehen.

Schweden

Im Einklang mit dem schwedischen Kernenergiegesetz muss die für die Entsorgung radioaktiver Abfälle zuständige Institution SKB alle drei Jahre ein fortgeschriebenes Programm für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die Verpackung von abgebrannten Brennelementen und ihre geologische Endlagerung vorlegen. Im Zeitraum von 1993 bis 2001 wurden Machbarkeitsstudien für acht Standorte durchgeführt. Unter Verwendung der dabei erzielten Ergebnisse hat SKB einen Vorschlag zur Auswahl von drei Standorten und für ein Endlagerkonzept vorgelegt. Ende 2001 stimmte die schwedische Regierung zu. Daraufhin begannen standortspezifische Untersuchungen in den Gemeinden Östhammar und Oskarshamn im Frühjahr 2001. Sie sollen 2007 abgeschlossen werden. Nach Festlegung des endgültigen Standortes soll das schwedische Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle errichtet werden und seinen Betrieb etwa im Jahr 2015 aufnehmen.

Japan

In Japan wurde die gesetzliche Grundlage für die Endlagerung wärmeentwickelnder Abfälle und abgebrannter Brennelemente in tiefen geologischen Formationen im Juni 2000 geschaffen. Zentrale Elemente dieses Gesetzes sind die Gründung einer für die Endlagerung dieser Abfälle zuständigen Institution, der Nuclear Waste Management Organization of Japan (NUMO, www.numo.or.jp), die Schaffung eines Fonds zu ihrer Finanzierung und die Durchführung eines dreistufigen Standortauswahlprozesses. Im Oktober 2001 präsentierte NUMO eine generelle Vorgehensweise und Kriterien für die Auswahl von vorläufigen Untersuchungsbereichen, wobei um freiwillige Standortkandidaten geworben wird. Die vorläufigen Untersuchungsbereiche sollen etwa zwischen 2008 und 2013 und der endgültige Endlagerstandort etwa zwischen 2023 und 2028 festgelegt wer-

den. Der Betrieb des Endlagers soll im Zeitraum zwischen 2033 und 2038 aufgenommen werden.

Großbritannien

In Großbritannien hat die Regierung im Oktober 2006 beschlossen, der Empfehlung des Committee on Radioactive Waste Management (CoRWM) zu folgen, die das Komitee nach zweijähriger Beratung unter Beteiligung der Öffentlichkeit am 31. Juli 2006 veröffentlichte. Die wesentlichen Elemente der Empfehlung sind:

- Langfristige Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in einem Endlager in tiefen geologischen Formationen.
- Entwicklung des Endlagerkonzeptes und der Standortfestlegung in einem schrittweisen Verfahren.
- Einrichtung einer starken und effizienten Antragstellerorganisation.
- Einrichtung einer starken unabhängigen Regulierungsbehörde.
- Unabhängige Prüfung des Antragstellers und Beratung der Regierung.
- Freiwillige Partnerschaft der Gemeinden bei der Standortauswahl und -untersuchung wie auch bei Planung, Errichtung, Betrieb und Verschluss eines Endlagers.

Frankreich

In Frankreich dagegen werden folgende drei sich ergänzende Entsorgungsoptionen verfolgt:

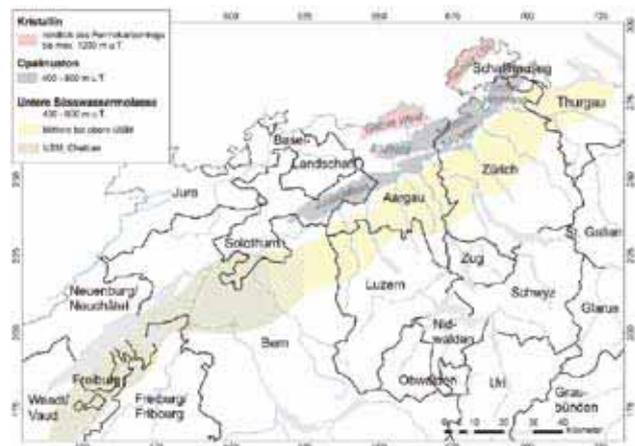
- Machbarkeitsstudie zur Abtrennung und Umwandlung langlebiger Radionuklide im Zusammenhang mit der Entwicklung neuer Kernkraftwerke bis zum Jahr 2012.
- Durchführung von Studien und Festlegung eines Standortes zur Endlagerung mit Rückholbarkeit, so dass die Errichtung des Endlagers im Jahr 2025 beauftragt werden kann.
- Schaffung neuer Lagerkapazitäten bis zum Jahr 2015.

Die Durchführung eines transparenten Standortauswahlverfahrens mit vorher festgelegten Kriterien und Beteiligung der Öffentlichkeit wurde darüber hinaus in Kanada und der Schweiz beschlossen.

DEUTSCHE BETEILIGUNG AM STANDORTSUCHVERFAHREN DER SCHWEIZ

In einem so genannten Sachplanverfahren wird die Schweiz die Standorte für geologische Tiefenlager für radioaktive Abfälle festlegen. Noch im Jahr 2002 beantragte die Schweizer Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra, www.nagra.ch) im Rahmen des Entsorgungsnachweises die Fokussierung der zukünftigen Untersuchungen zur Endlagerung auf das Zürcher Weinland. Im Jahr 2004 richteten die angrenzenden deutschen Landkreise und Schweizer Kantone Forderungen an den Bundesrat Leuenberger nach Untersuchung alternativer Endlagerstandorte mit

Hilfe nachvollziehbarer Eignungskriterien. Seit Februar 2005 ist die Standortauswahl in einem Sachplanverfahren nach Raumplanungsrecht in der Kernenergieverordnung festgeschrieben. Nach welchen Kriterien und mit welchen Beteiligungsmöglichkeiten die Standortfestlegung erfolgen soll, wird im Konzeptteil des Sachplans festgelegt. An der Erarbeitung des Konzeptteils wird Deutschland über das Bundesumweltministerium und die an die Schweiz grenzenden Länderbehörden beteiligt, da bisherige Arbeiten der Nagra zum Entsorgungsnachweis aufzeigen, dass aussichtsreiche potenzielle Endlagerstandorte nahe der deutschen Grenze liegen.



Verbreitung der Wirtsgesteine in geeigneter Tiefenlage und potenziell betroffene Kantone (Quelle: Nagra-Pressfoto, verändert)

Das BfS unterstützt das Bundesumweltministerium und die an der Grenze zur Schweiz liegenden Bundesländer, Landkreise und Interessengruppierungen fachlich. Das BfS leitet die Expertengruppe Schweizer Tiefenlager (ESchT, www.escht.de), die aus neun Expertinnen und Experten besteht, die ein breites Fachspektrum abdecken. Die Expertengruppe hat die Aufgabe, das Sachplanverfahren der Schweiz zu begleiten. Sie erarbeitet öffentlich zugängliche fachliche Bewertungen des Sachplans, die als Grundlage für Stellungnahmen der beteiligten deutschen Behörden und Landkreise gegenüber dem Schweizer Bundesamt für Energie (BFE, www.bfe.admin.ch) herangezogen werden können. Die Expertengruppe hat sich insbesondere mit der Ergebnisoffenheit des Verfahrens, den Beteiligungsmöglichkeiten der deutschen Seite und den vorgeschlagenen Kriterien zur Einengung auf Regionen und – später – Standorte auseinandergesetzt.

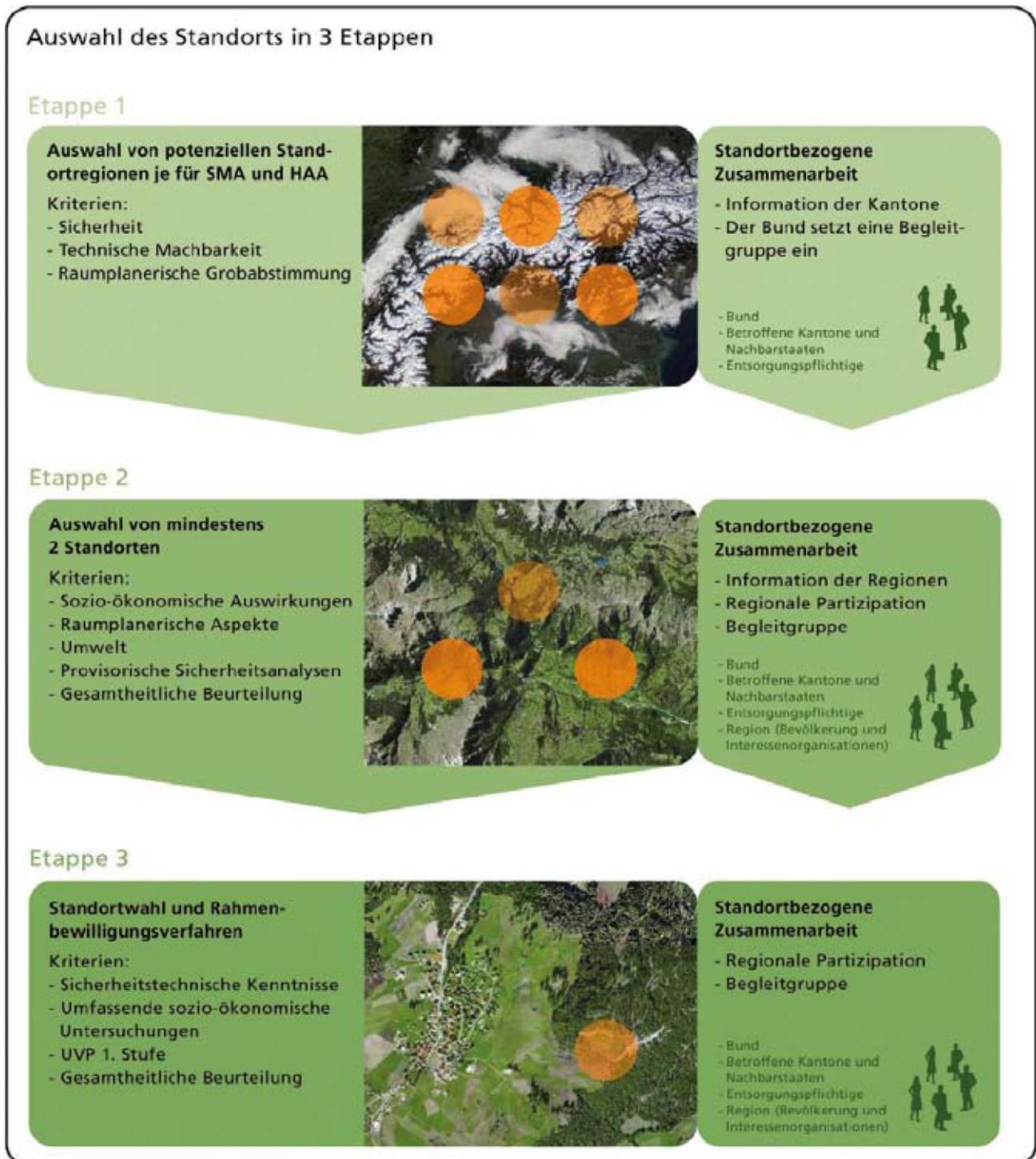
Im März 2006 hat das BFE einen ersten Entwurf des Konzeptteils zum Sachplan „Geologische Tiefenlager“ veröffentlicht. Dieser stellt dar, wie sich die Schweiz ein Auswahlverfahren für einen Endlagerstandort vorstellt. Es ist in drei Etappen unterteilt und endet mit der Erteilung der Rahmenbewilligung durch den Schweizer Bundesrat. Mit der Rahmenbewilligung werden der Standort und das Endlagerkonzept festgelegt.

Das Endlager wird damit in der Raumplanung des betroffenen Kantons verankert. Weitere Bewilligungen sind zum Bau des Endlagers und für die Inbetriebnahme erforderlich. Alle Bewilligungsverfahren sehen eine Beteiligung der Öffentlichkeit vor.

Bevor das Auswahlverfahren durch den Schweizer Bundesrat im Jahr 2007 festgelegt werden soll, führt das BFE ein umfangreiches Beteiligungsverfahren zum Konzeptteil durch. In diesem können die Kantone, Behörden, die Bevölkerung und auch das be-

nachbarte Ausland Stellung zu den Entwürfen nehmen.

Die jetzige Vorgehensweise der Schweiz wird vom Land Baden-Württemberg, den angrenzenden Landkreisen und dem Bundesumweltministerium begrüßt. Es gilt dafür zu sorgen, dass die deutschen Beteiligungsinteressen konkret genug in das Sachplankonzept aufgenommen werden und die Auswahlkriterien so festgelegt werden, dass sie hinreichend konkret und gleichzeitig ergebnisoffen sind.



Entwurf Sachplan Geologische Tiefenlager, Juni 2006 (Quelle: Sachplan Geologische Tiefenlager - Entwurf Konzeptteil; Michael Aebbersold, 6. Juni 2006)

KONZEPTIONELLE UND SICHERHEITSTECHNISCHE EINZELFRAGEN DER ENDLAGERUNG

Ansprechpartner:

Jürgen Wollrath (030 18333-1964)

Um dem sich fortentwickelnden Stand von Wissenschaft und Technik bei der Endlagerplanung und sicherheitstechnischen Bewertung von Endlagern Rechnung zu tragen, einigten sich Bundesregierung und Energieversorgungsunternehmen am 14. Juni 2000 darauf, die Erkundung des Salzstocks in Gorleben bis zu Klärung konzeptioneller und sicherheitstechnischer Fragen für mindestens drei, längstens für zehn Jahre zu unterbrechen, da die weitere Erkundung zur Klärung der konzeptionellen und sicherheitstechnischen Einzelfragen nichts beitragen kann. Vor diesem Hintergrund wurden zwölf Fragestellungen formuliert, die grundsätzlich für alle Wirtsgesteine gelten. Die Ergebnisse wurden vom BfS bewertet und im Rahmen eines Syntheseberichtes zusammengefasst (siehe Jahresbericht 2005). Folgende Kernaussagen sind von besonderer Bedeutung:

1. Es gibt kein Wirtsgestein in Deutschland, das grundsätzlich immer eine größte Endlagersicherheit gewährleistet. Die Aufstellung einer Rangfolge von Wirtsgesteinen ist daher auf dieser Basis nicht sinnvoll, sondern mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.
2. Die Untersuchungen haben die Möglichkeiten und Grenzen eines generischen Vergleichs von Wirtsgesteinen gezeigt. Für alle in Deutschland potenziell vorhandenen Wirtsgesteine (d. h. Salz, Ton, Kristallin) können angepasste Endlagerkonzepte entwickelt werden. Da die Verhältnisse auch innerhalb einer Wirtsgesteinsinformation z. T. starken Schwankungen unterliegen, kann ein Vergleich verschiedener Optionen nur standortspezifisch über standortspezifische Sicherheitsanalysen erfolgen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit eines Standortvergleichs.

Eine weitere zentrale Aussage des BfS-Syntheseberichtes ist, dass, von wenigen Ausnahmen abgesehen, kein grundsätzlicher Untersuchungsbedarf vor weiteren Entscheidungen zur Endlagerung mehr besteht.

Die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK, www.rskonline.de) hat sich mit den Aussagen des Syntheseberichtes auseinandergesetzt und im Oktober 2006 eine Stellungnahme verabschiedet (www.rskonline.de/downloads/stsynthesebericht.pdf). Die wesentlichen Kernaussagen des Syntheseberichtes werden von der RSK geteilt.

UNTERSUCHUNGEN ZUR STANDORTAUSWAHL IN DEUTSCHLAND

Vergleichende Sicherheitsanalysen (VerSi)

Ansprechpartner:

Matthias Beushausen (030 18333-1820)

In einem Standortauswahlverfahren werden alternative Standorte mit verschiedenen Wirtsgesteinsformationen verglichen, um den dann bestmöglichen Standort zu identifizieren. Gemeinsam mit den technischen Auslegungen des geplanten Endlagers und den Vorstellungen über den bestimmungsgemäßen Betrieb sowie mögliche Störfälle wird für jeden Standort eine Sicherheitsanalyse durchgeführt. Mit dem in 2006 vom BfS begonnenen Projekt VerSi soll die Möglichkeit geschaffen werden, Sicherheitsanalysen geologisch unterschiedlicher Standorte miteinander zu vergleichen. Dies stellt eine Aufgabe dar, die in Deutschland erst am Anfang steht und international nur in wenigen Fällen durchgeführt wurde. Die bekannten Fälle betrafen zudem nur ähnliche geologische Gesamtsituationen (z. B. Schweden, Kristallin).

Die Fachdiskussion auf dem Workshop des BfS im September 2005 zu den sicherheitstechnischen und konzeptionellen Einzelfragen zeigte, dass ein sicherheitstechnischer Vergleich von Endlagerstandorten nicht allein über den Vergleich berechneter Dosis- oder Risikowerte als Folge einer Freisetzung von Schadstoffen aus dem Endlager durchgeführt werden kann. Für eine vergleichende Bewertung von Sicherheitsanalysen für unterschiedliche Standorte in unterschiedlichen geologischen Situationen müssen andere sicherheitstechnische Vergleichsgrößen zur Anwendung kommen. Hauptelemente des Vergleichs könnten die Wirksamkeit des Einschlusses, der Ausfall von Einschlusskomponenten und die Realisierbarkeit des Endlagers sein.

Ein sicherheitstechnischer Vergleich wird immer ein Abwägungsprozess über einen komplexen Sachverhalt sein, der durch zahlreiche Parameter beeinflusst wird. Dabei sind nicht nur die geowissenschaftlichen Eigenschaften der Endlagerstandorte einzubeziehen, sondern auch das Anlagenkonzept des Endlagers und die Mög-

Sicherheitstechnische Vergleichsgrößen

Wirksamkeit des Einschlusses

- Dauer
- Zuverlässigkeit
- Vollständigkeit

Ausfall des Einschlusses / oder von Einschlusskomponenten

- Konsequenz
- Wahrscheinlichkeit für den Ausfall

Realisierbarkeit

- Stand der Technik
- Kosten
- Flexibilität

Sicherheitstechnische Vergleichsgrößen

lichkeiten zur Realisierung eines zuverlässigen Verfüll- und Verschlusskonzeptes nach Abschluss des Endlagerbetriebes.

Im Rahmen des Projektes VerSi gilt es insbesondere, die Unterschiede der Methoden und Instrumentarien für vergleichende Sicherheitsbewertungen zu den Sicherheitsnachweisen herauszuarbeiten, die bei der Genehmigung eines Endlagers zur Anwendung gelangen könnten.

In der Auswertung der vergleichenden Sicherheitsbewertungen soll deren Aussagekraft zum Langzeitverhalten des Endlagers unter Berücksichtigung der Unsicherheit bei den Standortdaten, bei den Szenarien und den Modellen sowie die Stärken und Schwächen der Vorgehensweise bewertet werden.

Mit dem Projekt werden Erkenntnisse gewonnen, die dazu beitragen, dass für einen Standort ein optimales Endlagerkonzept aufgestellt werden kann. Außerdem trägt es dazu bei, dass in Deutschland Know-how für die Durchführung eines Auswahlverfahrens und die Fachaufsicht über das Verfahren aufgebaut wird.

Entwicklung zuverlässiger Datengrundlagen und Auswertemethoden für die Endlagerstandortsuche

Ansprechpartner:

Matthias Beushausen (030 18333-1820)

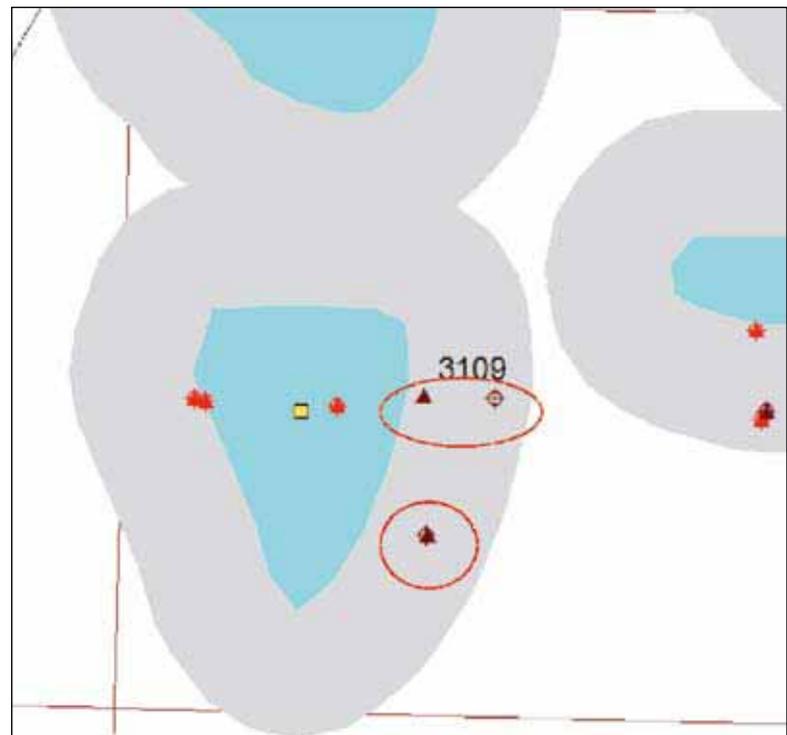
Das im Rahmen des Untersuchungsvorhabens verfolgte Ziel ist es zu untersuchen, ob eine ausreichende Datengrundlage in Deutschland bereits vorhanden ist, um in einem Auswahlverfahren die vom Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte im Jahr 2002 vorgeschlagenen Kriterien prüfen zu können. Zu diesen Kriterien zählen unter anderem die geowissenschaftlichen Ausschlusskriterien, die Mindestanforderungen und die Abwägungskriterien in den Verfahrensschritten 1 und 2, d. h. vor Beginn einer geowissenschaftlichen Erkundung vor Ort.

Die Datengrundlage zur Abprüfung der Kriterien ist für die Regionen und Gesteinstypen in Deutschland unterschiedlich. Die Erfassung der im Rahmen von Erkun-

dungsarbeiten des tieferen Untergrundes gewonnenen Daten erfolgt bei verschiedenen Institutionen und Landesbehörden sowie Explorationsunternehmen in Bohrdatenbanken und Fachinformationssystemen. Die Rechte zur Einsichtnahme in die Datensätze liegen generell bei deren Eigentümern. Hinsichtlich der Daten- und Informationsübermittlung ist die Kooperationsbereitschaft der zuständigen Landesbehörden und Unternehmen unterschiedlich.

Die Auswertung und Zusammenstellung relevanter Fachpublikationen sowie eine Datenbankrecherche innerhalb des mit der Bearbeitung des Vorhabens beauftragten Unternehmenskonsortiums rundeten die Rechercharbeiten ab. Ergänzend hierzu wurden weitere Firmen im Hinblick auf eine Datenrecherche angesprochen.

Im Rahmen der Datenbankrecherche mussten zahlreiche Schwierigkeiten bewältigt werden (vgl. Darstellung in Abb. unten). Verschiedene Bohrdatenbanken enthalten zahlreiche identische Einträge. Ein automatisiertes Verschneiden beider Datenbanken ist nicht ohne weiteres möglich, da sich die Kopfdaten identischer Bohrungen z. T. unterscheiden. Problematischer sind zahlreiche Einträge, die zwar in Schreibweise und Inhaltsangaben identisch sind, sich aber in Positionsangaben unterscheiden. Bereits die qualitative Betrachtung der deutschlandweiten Verteilung der in Datenbanken zur Verfügung stehenden Basisdaten macht deutlich, dass der regionale Erkundungsgrad Deutschlands zwar insgesamt sehr hoch, regional jedoch sehr unterschiedlich ist. Die untertägige geowissenschaftliche Erkundung ist in erster Linie an die wissenschaftlichen Schwerpunkte der Kohlenwas-



Probleme bei der Standardisierung verschiedener Bohrdatenbanken. Doppelter Eintrag in zwei Bohrdatenbanken. Abweichung der Angabe des Hoch- und Rechtswertes. Alle weiteren Einträge sind identisch. (Oval: große Abweichung, Kreis: kleine Abweichung)

Verfahrensschritte	Vorgehen, Bewertungen
1. Schritt Ziel: Ausweisung von Gebieten, die bestimmte Mindestanforderungen erfüllen	Nach Anwendung von geowissenschaftlichen Ausschlusskriterien verbleiben nur noch Gebiete, die den Mindestanforderungen genügen.
2. Schritt Ziel: Auswahl von Teilgebieten mit besonders günstigen geologischen Voraussetzungen	Im Zuge der Abwägung wird der Erfüllungsgrad der Abwägungskriterien bestimmt und die Bewertungsstufen „günstig“, „bedingt günstig“ und „weniger günstig“ abgeleitet.

Ziele der Verfahrensschritte 1 und 2 (nach Auswahlverfahren für Endlagerstandorte - Empfehlungen des AkEnd)

serstoff-Exploration, den Salzabbau oder sonstige wirtschaftliche Interessen gebunden. Insofern ist deutschlandweit eine regional gleichwertige Anwendbarkeit der AkEnd-Kriterien nur bedingt möglich bzw. nicht gegeben.

Für Salzgesteine erlaubt die Datengrundlage das Durchführen von Schritt 1 des vom AkEnd vorgeschlagenen Auswahlverfahrens. Eine mit dem Schritt 2 beabsichtigte weitergehende Differenzierung in günstigere oder weniger geeignete geologische Struktureinheiten anhand der entsprechenden AkEnd-Kriterien ist auf der Datenbasis nur eingeschränkt möglich.

Für die geologischen Strukturen in Tonen und Tonsteinen, in sonstigen Gesteinen unter Tonbedeckung und in kristallinen Gesteinen wurde festgestellt, dass für verschiedene Kriterien keine Datensätze vorhanden sind. Aufgrund des Fehlens dieser Datensätze ist die Datengrundlage zum Durchführen der Schritte 1 und 2 des Auswahlverfahrens für die in diesen Gesteinen definierten geologischen Strukturen unzureichend. Ein Sonderfall stellt die geologische Struktur dar, in dem der Endlagerhorizont der Schachanlage Konrad liegt und für den ein Langzeitsicherheitsnachweis geführt wurde.

Methodische Weiterentwicklungen mit einer möglichen Verbesserung der Qualität der Datengrundlage wurden identifiziert und bewertet. Durch das Vorhaben wurde eine wichtige Grundlage für ein Standortauswahlverfahren geschaffen, da durch die Nutzung bekannter Datensätze der Aufwand zur Datenermittlung und Erkundung reduziert werden kann.

Auswertung internationaler Forschungsergebnisse in Untertagelaboren

Ansprechpartnerin:

Nicole Schubarth-Engelschall (030 18333-1957)

Im Ausland werden seit Jahrzehnten unterschiedliche Wirtsgesteine auf ihre Eignung zur Endlagerung untersucht. Mit der Studie „Parameter aus Untertagelabors und ihre Verwendung bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle an alternativen Standorten in Deutschland“ soll das internationale Wissen auf diesem Gebiet genutzt werden.

Ein wesentliches Ziel der Studie ist es, die für eine Langzeitsicherheitsanalyse notwendigen Parameter zu identifizieren und die vorhandenen internationalen Erkenntnisse zusammenzustellen. Hierzu wurden für verschiedene Wirtsgesteinstypen repräsentative Sicherheitsanalysen ausgewertet. In der Datenbank sind insgesamt ca. 2.400 Parameter enthalten. Neben den numerischen Werten, die zum Teil auch Bandbreiten und Verteilungsfunktionen abdecken, sind ergänzende Angaben zur Herkunft des Parameters, d. h. seine räumliche Zuordnung, die Bestimmungsmethode und die Literaturquelle, aufgeführt.



Endlagerprojekte/Versuchsanlagen in Europa (Quelle zur Hintergrundkarte: ESRI 2005)

Mit Hilfe der Parameter-Datenbank ist es möglich, einen für jedes Wirtsgestein repräsentativen Datensatz an sicherheitsrelevanten Parametern zusammenzustellen, der auf nationalen und internationalen Erfahrungen bei der Durchführung von Standorterkundungen beruht. Hierdurch kann der zeitliche und finanzielle Aufwand bei der Erkundung reduziert und der qualitative Anspruch an die Erkundung nach dem Stand von Wissenschaft und Technik gewährleistet werden. Dabei ist die Übertragbarkeit der sicherheitsrelevanten Parameter auf andere Standorte zu bewerten. Hierzu werden Kenntnisse zur standortspezifischen geologischen Situation, zu Randbedingungen bei der Ermittlung des Parameters sowie zu Möglichkeiten und Grenzen der Bestimmungsmethoden gesammelt.

Untersuchungen zur Barrierenintegrität

Ansprechpartner:

Matthias Beushausen (030 18333-1820)

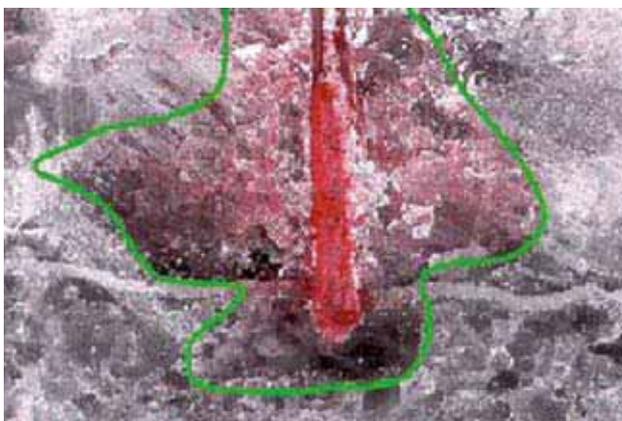
Feuchtigkeit in den radioaktiven Abfällen und im Gebirge des Endlagers kann zu einer Gasentwicklung aufgrund korrosiver, mikrobieller und radiolytischer Prozesse führen. Ist das Wirtsgestein sehr dicht, wie z. B. Salz, ist zu untersuchen, ob der entstehende Gasdruck den dichten Gesteinsverband aufreißen und somit Wegsamkeiten für zutretende Lösungen schaffen sowie als treibende Kraft für die Ausbreitung von Radionukliden wirken kann. In der Stellungnahme der Reaktor-Sicherheitskommission „Gase im Endlager“ vom 27.01.2005 und im Synthesebericht (BfS 2005) wird festgehalten, dass weitergehende experimentelle Arbeiten zur Untersuchung der Gasproblematik in den geologischen Medien Salz und Ton/Tonstein erforderlich sind. Mit dem UFOPLAN-Vorhaben „Untersuchungen zur Barrierenintegrität“ geht das BfS dieser Fragestellung nach.

Aufgrund internationaler Studien wird angenommen, dass die vom Gasdruck erzeugten Wegsamkeiten nach Ende der Gasbildungsphase mit nachlassendem Gasdruck oder nach Eintreten eines Risses im Gesteinsverband und dem damit verbundenen Abbau des Gasdrucks infolge der Eigenschaften dieser Gesteine durch den Gebirgsdruck wieder geschlossen werden. Diese Vorgänge der „Selbsteilung“ werden im Einzelnen im Rahmen der Arbeiten untersucht und belegt, um zum Verständnis des Selbstheilungsprozesses beizutragen. Dies erfolgt in kleinem Maßstab durch Laborversuche und in größerem Maßstab in situ, d. h. in Bergwerken unter Tage.

„Dichte“ Gesteinsformationen mit Tendenz zur Selbstheilung sind generell Tone bzw. Tonsteine und Salzformationen. Im Rahmen der Versuche wird ein möglichst gering beeinflusster Gebirgsbereich bzw. Probenkörper mit Druck beaufschlagt, bis das Gestein aufreißt (Frac). Dabei wird die Fähigkeit der Wirtsgesteine untersucht, neu entstandene Trennflächen zu heilen, wodurch die ursprüngliche Integrität des Gesteins im Idealfall wieder hergestellt wird.

Weiterhin wird untersucht, ob eine langsame Gasbildung und damit eine geringe Druckaufbaurrate in Tonsteinen und Salz eher zu einem Eindringen der Gase in das Gestein als zu einem Aufreißen des Gesteins führt. Falls diese Eigenschaft nachgewiesen werden kann, soll der Prozess beschrieben werden, bei dem das untersuchte Gestein noch nicht reißt, aber Gas bereits vom Gestein aufgenommen wird.

Für das Verständnis der Prozesse von Schädigung und Verheilung sind Langzeituntersuchungen durchgeführt worden. Sobald der Gasdruck nicht mehr den Gebirgsdruck überschreitet, setzt in Ton- und Salzgesteinen spontan eine zeitliche Abnahme der Permeabilität im Sinne einer Risschließung bzw. Verheilung ein. Die folgende Abbildung zeigt die Detailaufnahme eines Probenkörpers, der in einer Triaxialzelle eingespannt und mit 25 MPa Manteldruck beaufschlagt wurde. Dieser Druck entspricht etwa einer Gebirgsdruck



Zustand der Probe 182/2/16. Detailausschnitt unteres Ende der Injektionsbohrung mit Gasausbreitungsareole (Querschnitt der Probe - Aufsicht).

fe von 1090 m. Über eine Bohrung wurde die Probe von oben mit Gasdruck beaufschlagt. Zur Visualisierung der Vorgänge wurde das Gas mit Prüffrot imprägniert. Bis zu einem Druck von 23,5 MPa war die Probe dicht. Erst dann nahm die Durchlässigkeit (Permeabilität) der Probe als Folge des Druckanstiegs zu und ein Teil des Gases drang in den Probenkörper ein, ohne einen größeren Riss im Gestein zu verursachen. Deutlich zu sehen ist eine Gasausbreitungsareole, in die das Gas infolge der Aufweitung an Korngrenzen (Mikrorisse) eingedrungen ist. Mit der Reduzierung des Gasdrucks verringert sich die Durchlässigkeit wieder. Der Vorgang ist nahezu reversibel.

Für die beiden Gesteinsarten Ton und Salz konnte erstmalig gezeigt werden, dass zwar mit dem Ansteigen des Gasdrucks über den Gebirgsdruck lokal eine deutliche Zunahme der Durchlässigkeit (bis zu 4 Größenordnungen) eintritt, nach Abfall des Gasdrucks aber ein Quasi-Selbstabdichtungsmechanismus nachweisbar ist.

AUSBLICK

Ansprechpartner:

Ulrich Kleemann (030 18333-1600)

In die Erkundung des Standortes in Gorleben und die Errichtung des Erkundungsbergwerkes wurden bisher 1,4 Milliarden Euro investiert. Die bisherigen Erkundungsergebnisse sprechen nicht grundsätzlich gegen eine Eignung des Salzstocks Gorleben als Endlager für alle Arten radioaktiver Abfälle. Insofern ist die Ausgangssituation in Deutschland eine andere als in der Schweiz oder in Ländern, die die Standortsuche ohne so stark vorprägende Fakten beginnen konnten. Das BfS schlägt deshalb eine gestufte Vorgehensweise für die Prüfung weiterer Endlagerstandorte in Deutschland vor.

Vorphase: Festlegung der Auswahlkriterien- und Sicherheitsanforderungen

Die möglichst breite und verbindliche Vorabfestlegung von Auswahlkriterien und Sicherheitsanforderungen ist wesentliche Voraussetzung dafür, dass



Vorgehensweise für die Prüfung weiterer Endlagerstandorte in Deutschland

auch die endgültige Festlegung eines Standorts transparent und nach objektiven Regeln erfolgt und auch als solche weitgehend akzeptiert wird.

Phase I: Ermittlung aussichtsreicher Standort- und Endlageroptionen

Am Ende der Phase I steht ein Bericht, in dem alle aussichtsreichen Optionen für die Realisierung eines Endlagers mit höchstmöglicher Sicherheit in Deutschland beschrieben und bewertet werden. Dieser Bericht bildet die Grundlage für die Entscheidung, ob es Alternativstandorte gibt, die eine höhere Sicherheit als Gorleben erwarten lassen. Wenn sich als Ergebnis der ersten Phase keine derartigen Alternativstandorte aufdrängen, wird die Prüfung des Standortes Gorleben zu Ende geführt. Falls durch die Ergebnisse dieser Phase nach international wissenschaftlichen Standards belastbare sicherheitstechnische Indikatoren darauf hinweisen, dass ein anderer Standort besser geeignet sein könnte als Gorleben, wird das Auswahlverfahren fortgesetzt.

Phase II: Festlegung des Endlagerstandortes

In Phase II wird durch geologische Erkundung und begleitende Sicherheitsanalysen nachgewiesen, an welchen Standorten die Auswahl- und Sicherheitskriterien erfüllt werden und an welchem Standort das relativ höchste Sicherheitsniveau erreicht wird. Es werden maximal zwei Alternativstandorte und Gorleben untersucht. Phase II setzt sich aus folgenden zwei Teilschritten zusammen:

Schritt 1: Geologische Erkundung

Anhand der von über Tage gewonnenen Erkundungsergebnisse werden die bis dahin durchgeführten Sicherheitsanalysen überprüft, vervollständigt und prä-

zisiert. Falls dabei Schwachstellen aufgedeckt werden, die die grundsätzliche Eignung in Frage stellen, werden die betreffenden Standorte vom laufenden Auswahlverfahren ausgeschlossen.

Schritt 2: Vertiefende geologische Erkundung

Es wird ein auf den Langzeitsicherheitsnachweis zielorientiertes Erkundungsprogramm durchgeführt und ermittelt, an welchem Standort das relativ höchste Sicherheitsniveau erreicht wird. Für diesen Schritt sind voraussichtlich untertägige Erkundungsmaßnahmen sowie die Erstellung eines Anlagen- und Einlagerungskonzepts einschließlich Verschlusskonzepts für das Endlager erforderlich.

Abschluss:

Durch Gesetz wird der Standort mit dem dann höchsten Sicherheitsniveau als Endlagerstandort festgelegt.

Das vom BfS vorgeschlagene Verfahren ermöglicht nach jedem der drei Untersuchungsschritte die Prüfung, ob tatsächlich eine höhere Sicherheit an einem anderen Standort als in Gorleben erreichbar ist. Eine Alternativenprüfung würde die Arbeiten zu Gorleben nur unwesentlich verzögern, da eine vorläufige Sicherheitsbewertung auch ohne eine Alternativenprüfung erforderlich ist, bevor weitere Erkundungen erfolgen. Der Zeitverzug ist gegen den Imageschaden abzuwägen, der eintritt, wenn die Eignungsprüfung bzw. das Genehmigungsverfahren für Gorleben scheitern würde. Das BfS sieht sich in der Pflicht, dafür zu sorgen, dass ein Endlager für hochradioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente rechtzeitig zur Verfügung steht, bevor die Zwischenlagereignisungen für abgebrannte Brennelemente an den Kernkraftwerksstandorten auslaufen.

DAS BfS ALS WHO-KOOPERATIONSZENTRUM FÜR IONISIERENDE UND NICHTIONISIERENDE STRAHLUNG

Ansprechspartner:

Wolfgang Weiss (030 18333-2100)

Das BfS wurde im Jahr 2006 von der Weltgesundheitsorganisation (WHO, www.who.int) zu einem der wenigen weltweit tätigen WHO-Kooperationszentren (WHO Collaboration Center) für ionisierende und nichtionisierende Strahlung bestellt. Für die WHO und das BfS ist mit dieser Bestellung die Erwartung auf eine Vertiefung der Zusammenarbeit auf den folgenden, gemeinsam interessierenden Themenfelder verbunden: Schutz der Bevölkerung und am Arbeitsplatz vor den Risiken von Radon, von elektromagnetischen Feldern sowie von ultraviolettem Licht (UV). WHO und BfS befassen sich derzeit schwerpunktmäßig mit der Lösung von zentralen Fragen dieser Themenfelder und erwarten von der Intensivierung der Zusammenarbeit eine Steigerung der Effizienz der Facharbeit und der Verbesserung der Möglichkeiten zur praktischen Umsetzung der Arbeitsergebnisse.

Die Aufgaben der WHO-Kooperationsszentren sind vielfältig. Sie wirken z. B. bei der Standardisierung der Terminologie mit. Weitere Aufgaben sind die Zusammenführung und Verbreitung von wissenschaftlichen Informationen im Rahmen nationaler Gesundheitsprogramme sowie die Unterstützung der entsprechenden Programme der WHO. Für das BfS sind dies das WHO-Programm zu Radon, das internationale Programm zu elektromagnetischen Feldern (EMF) und das Intersun-Programm.

Hierzu hat das BfS z. B. in den vergangenen Jahren zwei internationale Workshops veranstaltet, um gemeinsam mit der WHO und der World Meteorological Organization (WMO, www.wmo.ch) einen globalen UV-Index zu entwickeln, der der Information der Bevölkerung zum individuell angepassten Umgang mit der UV-Exposition durch die Sonne dient und heute bereits international zur Anwendung kommt.

Die im Einzelnen im Rahmen der mit der WHO vereinbarten Kooperation vom BfS übernommenen Aufgaben betreffen:

- Initiieren und Fördern von Forschungsprojekten zu möglichen Wirkungen nichtionisierender Strahlen, insbesondere zur Unterstützung des internationalen EMF-Projektes.
- Erheben, Analysieren und Bereitstellen von Expositionsdaten aus dem täglichen Umfeld.
- Organisation und Durchführung von Tagungen im Rahmen des internationalen EMF-Programms sowie die Unterstützung bei entsprechenden Publikationen.
- Bereitstellung von Informationen über wissenschaftliche Publikationen im Rahmen von Literaturdatenbanken.

- Unterstützung bei der Bewertung gesundheitlicher Risiken der Exposition mit nichtionisierenden Strahlen.
- Unterstützung des WHO-Intersun-Programms.
- Bereitstellung repräsentativer Daten zu verschiedenen Aspekten der Risikowahrnehmung in Deutschland.
- Unterstützung bei der Erarbeitung von Schulmaterialien im gesamten Bereich der nichtionisierenden Strahlung.
- Organisation und Durchführung von Tagungen im Rahmen des internationalen Radon-Programms sowie die Unterstützung bei der Erstellung entsprechender Publikationen.
- Unterstützung bei der Bewertung gesundheitlicher Risiken der Exposition durch Radon.
- Erheben, Analysieren und Bereitstellen von Radon-Expositionsdaten in Deutschland.
- Bereitstellung von Informationen zu Strahlenschutzmaßnahmen hinsichtlich der öffentlichen Gesundheit in Deutschland.

Die Schwerpunkte der Facharbeit in den drei WHO-Projekten werden nachfolgend kurz dargestellt.

DAS INTERNATIONALE RADON-PROJEKT DER WHO (WHO-IRP)

Ansprechpartnerin:

Michaela Kreuzer (030 18333-2251)

Weltweit werden pro Jahr Zehntausende von Lungenkrebstodesfällen durch Radon in Wohnungen oder am Arbeitsplatz verursacht. Um diese Zahl zu reduzieren, hat die WHO Anfang 2005 das internationale Radon-Projekt der WHO initiiert. Das Projekt hat eine Laufzeit von drei Jahren (2005-2007). Partnerinstitutionen aus mehr als 40 Mitgliedsstaaten, darunter das BfS, sind an diesem Netzwerk beteiligt.

Hintergrund dieser Initiative waren die Anfang 2005 veröffentlichten Ergebnisse einer europäischen, einer nordamerikanischen und einer chinesischen epidemiologischen Studie, die konsistent einen kausalen Zusammenhang zwischen Radon in Wohnungen und Lungenkrebs belegten und so international Handlungsbedarf im Hinblick auf die Reduktion von Radon in Wohnungen aufzeigten.

Hauptziele des WHO-Projekts sind:

- Die Vergrößerung der öffentlichen und politischen Aufmerksamkeit für das Problem „Radon in Wohnungen und an Arbeitsplätzen“.

- Die Abschätzung der weltweiten Gesundheitsauswirkungen durch Radon und Erstellung einer weltweiten Radondatenbank.
- Die Erarbeitung von Empfehlungen zur Radonmessung und Sanierung von Wohnräumen.
- Die Erarbeitung von Empfehlungen für politische Handlungsstrategien.
- Die Entwicklung von Vorgehensweisen in der Risikokommunikation.

Im Januar 2005 bzw. März 2006 fanden in Genf die ersten beiden WHO-IRP-Treffen statt. Das vorerst letzte Treffen wurde vom BfS organisiert und fand im März 2007 in München statt. Sämtliche Informationen zum Projekt (Protokolle der Treffen, Newsletter, Fact Sheets, Pressemitteilungen etc.) sind auf der Website www.who.int/ionizing_radiation/env/radon/en einzusehen.

Das BfS unterstützt das Projekt in vielfältiger Weise. So wurde z. B. in den letzten Jahren eine Reihe von UFOPLAN-Vorhaben zum Thema Radon vergeben. Das BfS war an einschlägigen wissenschaftlichen Projekten beteiligt. Dazu zählen zwei große epidemiologische Studien zum Lungenkrebsrisiko durch Radon in Wohnungen in Deutschland, die gemeinsame Auswertung der europäischen Radonstudien, die Abschätzung der regionalen Verteilung der Radonkonzentration in der Bodenluft bzw. in Wohnungen in Deutschland sowie die aktuelle Abschätzung der in Deutschland auf Radon zurückzuführenden Lungenkrebstodesfälle. Die Ergebnisse dieser Studien bilden eine wichtige Grundlage für das Projekt.

Zudem hat das BfS bereits 2004 in Zusammenarbeit mit dem BMU ein Konzept für Strahlenschutzmaßnahmen zur Verminderung der Strahlenexposition in Aufenthaltsräumen entwickelt. Ab einer Belastung von 100 Bq/m³ sollen nach Empfehlung des BfS je nach Höhe der Radonkonzentration Sanierungsmaßnahmen in bestehenden Gebäuden innerhalb bestimmter Fristen durchgeführt werden. Der Aufwand für Sanierungsmaßnahmen soll in einem vernünftigen Verhältnis zur Höhe der gemessenen Radonkonzentration stehen. Neu zu errichtende Gebäude sollen so geplant werden, dass in Aufenthaltsräumen Radonkonzentrationen von mehr als 100 Bq/m³ im Jahresmittel vermieden werden. Dies ist mit einem relativ geringen zusätzlichen Mitteleinsatz beim Bau eines Neubaus möglich.

DAS INTERNATIONALE WHO-Projekt zu ELEKTROMAGNETISCHEN FELDERN (WHO-EMF)

Ansprechpartner:

Rüdiger Matthes (030 18333-2140)

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 hat die WHO 1996 das internationale EMF-Projekt gestartet. Ziel ist die wissenschaftliche Bewertung des gesundheitlichen Risikos elektromagnetischer Felder im Frequenzbereich von 0 bis 300 GHz. Die Bundesrepublik Deutschland unterstützt dieses Projekt, in das das BfS von Anfang an fachlich eingebunden war.

Hauptziele des Projekts sind:

- Koordinierte internationale Antwort auf die Befürchtungen über mögliche Gesundheitsgefahren infolge der Exposition durch elektromagnetische Felder.
- Aus- und Bewertung der wissenschaftlichen Literatur und Erstellung eines Statusreports zu Gesundheitsgefahren.
- Identifizierung von Kenntnislücken, die für eine verbesserte Risikobewertung geschlossen werden müssen.
- Berücksichtigung neuer Forschungsergebnisse, die eine formale Risikobewertung bezüglich der Exposition durch elektromagnetische Felder enthalten, in den WHO-Umweltkriteriendokumenten.
- Unterstützung der Entwicklung international akzeptabler Normen und Standards bezüglich der Exposition durch elektromagnetische Felder.
- Bereitstellung von Informationen zum Management nationaler Strahlenschutzprogramme, z. B. in Form von Monografien über EMF-Risikowahrnehmung, Risikokommunikation und Risikomanagement.
- Beratung nationaler Behörden, anderer Institutionen sowie der allgemeinen Bevölkerung und von Arbeitnehmern über die Gefahren einer Exposition durch elektromagnetische Felder und die Empfehlung von notwendigen Maßnahmen zu Verringerung und Vermeidung von Expositionen.
- Gewinnung möglicher Geldgeber zur Unterstützung zielgerichteter Forschungsprogramme.

Zum Themenkomplex Mobilfunk wird das vom BfS initiierte und betreute Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF, www.emf-forschungsprogramm.de) einen wesentlichen Beitrag leisten. Das BfS wird sich an der Risikobewertung durch die WHO beteiligen. Zur Unterstützung der öffentlichen Risikokommunikation hat das BfS Unterrichtsmaterialien für Lehrer zum Thema Mobilfunk entwickelt, die auch im Rahmen des internationalen EMF-Projekts eingesetzt werden sollen.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt des WHO-Projektes besteht in der Neubewertung im Bereich der niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder. An der

Bewertung der gesundheitlichen Risiken von statischen Feldern in Form eines Umweltkriteriendokumentes war das BfS wesentlich beteiligt. Eine belastbare Bewertung ist anhand der vorliegenden wissenschaftlichen Literatur aufgrund fehlender Daten abschließend nicht möglich. Dieser Mangel muss in den kommenden Jahren durch internationale Anstrengungen im Bereich der Forschung behoben werden, vor allem angesichts der zunehmenden Nutzung dieses Teilbereichs der nichtionisierenden Strahlen, z. B. in der Medizin. Im Bereich der niederfrequenten Felder liegen konsistente Hinweise auf Risiken für kindliche Leukämien vor. Auch hier besteht dringender Forschungsbedarf, um mögliche Wirkmechanismen aufzuklären.

DAS INTERNATIONALE UV-PROJEKT DER WHO (WHO-INTERSUN)

Ansprechpartner:

Manfred Steinmetz (030 18333-2149)

Auf der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED) im Jahre 1992 wurde in der Agenda 21 festgehalten, sich mit den Auswirkungen der UV-Strahlung auseinanderzusetzen. Insbesondere sollten die Effekte ansteigender solarer UV-Strahlung auf die Gesundheit des Menschen als Folge der Ausdünnung der stratosphärischen Ozonschicht untersucht werden. Des Weiteren sollten auf der Basis der Untersuchungsergebnisse geeignete Maßnahmen entwickelt werden, um die erwarteten Auswirkungen auf den Menschen möglichst zu minimieren.

Daraus leiteten sich folgende Ziele des Intersun-Projektes ab:

- Informationen über die UV-Risiken zur Verfügung stellen, praktische Ratschläge erarbeiten und wissenschaftlich fundierte Prognosen über die Auswirkungen der UV-Exposition auf Gesundheit und Umwelt erstellen.
 - Länder ermutigen, sich aktiv an Programmen zur Reduzierung der UV-induzierten gesundheitlichen Risiken zu beteiligen.
 - Empfehlungen für nationale Behörden und weitere Einrichtungen über wirkungsvolle Kampagnen liefern.
- Für das Bundesamt für Strahlenschutz ergeben sich daraus vor allem folgende Aufgaben:
- Identifizierung und Quantifizierung der Gesundheitsrisiken der UV-Strahlung durch das Schließen von Wissenslücken.
 - Praxisorientierte Entwicklung von Möglichkeiten, langfristig UV-induzierte Änderungen bei den Gesundheitseffekten zu erfassen, die auf Veränderungen im Zustand der Umwelt und der Lebensgewohnheiten der Menschen zurückzuführen sind.
 - Förderung des UV-Index als ein erzieherisches Mittel zum Sonnenschutz.
 - Erarbeitung von praktischen Vorschlägen, Lieferung von Informationen für nationale Behörden über die Gesundheits- und Umweltauswirkungen der UV-Exposition und deren wirkungsvolle Öffentlichkeitsarbeit, des Weiteren Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung, Arbeitenden, Touristen, Solariennutzer und der Umwelt gegenüber den Nebenwirkungen steigender UV-Belastung.
 - Konzentration auf den Sonnenschutz bei Kindern und auf Schulerziehung.

WEITERE ARBEITSSCHWERPUNKTE DES BFS

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

Ansprechpartner:

Heinz-Peter Berg (030 18333-1501)

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

Das BFS unterstützt das BMU fachlich wissenschaftlich auf den Gebieten des Strahlenschutzes und der kerntechnischen Sicherheit. Das BFS ist – neben der administrativen Abwicklung des UFOPLAN – insbesondere für die Initiierung, fachliche Begleitung und Auswertung einzelner Untersuchungsvorhaben verantwortlich. Weiterhin unterstützt es das BMU fachlich bei der Planung, Aufstellung und Ausführung des UFOPLAN.

Im Jahr 2006 wurden 105 Untersuchungsvorhaben fachlich und administrativ und etwa 166 Vorhaben nur administrativ durch das BFS betreut. Insgesamt standen dem BFS im Jahr 2006 für die BMU-Ressortforschung 7,81 Millionen Euro für den Strahlenschutz und 20,53 Millionen Euro für die kerntechnische Sicherheit zur Verfügung.

Die im Rahmen des UFOPLAN erarbeiteten Ergebnisse werden in der Schriftenreihe „Reaktorsicherheit und

Strahlenschutz“ auf der BMU-Homepage eingestellt. Die als PDF-Dateien verfügbaren Ergebnisberichte sind unter http://www.bmu.bund.de/strahlenschutz/schriftenreihe_reaktorsicherheit_strahlenschutz/doc/20112.php zu finden.

Nachstehend werden Zielsetzung, Vorgehensweise und Gegenstand des UFOPLAN anhand einzelner Vorhaben verdeutlicht.

PROBABILISTISCHE SICHERHEITSANALYSE FÜR DEUTSCHE SIEDEWASSERREAKTOREN DER BAULINIE 69

Ansprechpartner:

Rudolf Görtz (030 18333-1540)

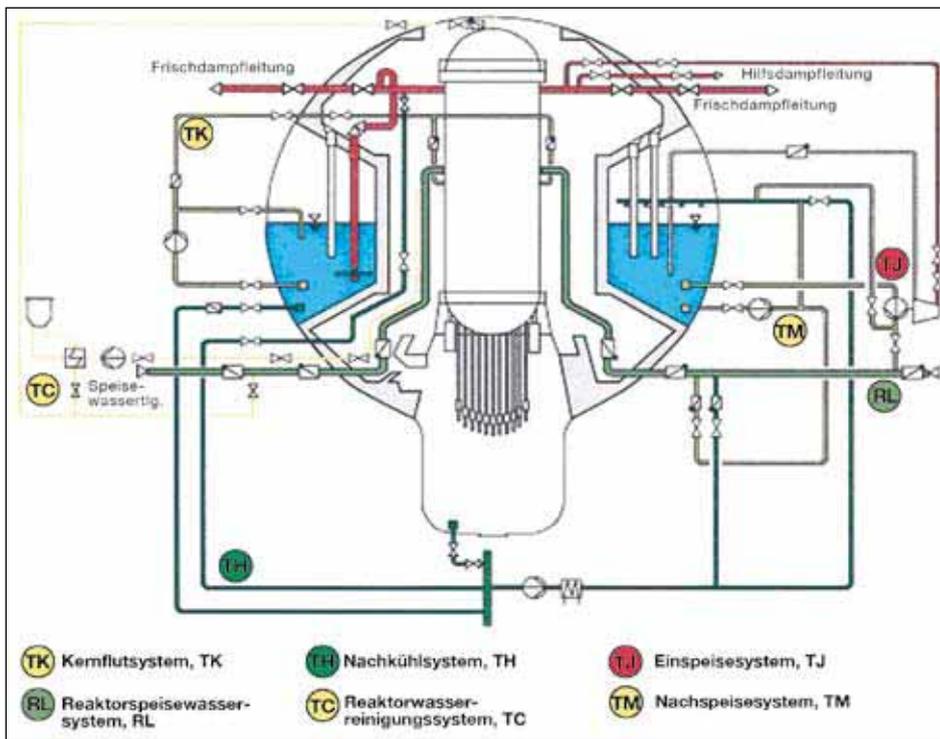
Vorbemerkung

Probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) gehören zum Stand von Wissenschaft und Technik bei der Sicherheitsbeurteilung von Kernkraftwerken (KKW) und werden im Rahmen von Sicherheitsüberprüfungen gemäß Atomgesetz vom Betreiber eines KKW verlangt. Mit Hilfe einer PSA können das Anlagenverhalten auf systematisch abgeleitete Ereignisse realistisch analysiert und resultierende Anlagenzustände sowie deren Eintrittshäufigkeit quantifiziert werden. Eventuell bestehende Schwachstellen und die Ausgewogenheit des sicherheitstechnischen Anlagenkonzepts (siehe Abb. auf Seite 22 oben) können festgestellt und das Sicherheitsniveau der Anlage insgesamt quantitativ bewertet werden.

In der Praxis hat sich eine Unterteilung der PSA in drei jeweils weiterführende Analysestufen etabliert, die zu folgenden wesentlichen Ergebnissen führen:

- Stufe 1: Eintrittshäufigkeiten von auslösenden Ereignissen, Gefährdungs- bzw. Kernschadenzuständen (Gefährdung der Brennelementkühlung bis unmittelbar vor Kernschmelzbeginn) und sicheren, beherrschten Anlagenzuständen
- Stufe 2: Häufigkeiten von Anlagenschadenzuständen unter Kernschmelzbedingungen in Verbindung mit dem jeweiligen Ort und der Menge freigesetzter radioaktiver Stoffe
- Stufe 3: Eintrittshäufigkeiten von Folgeschäden in der Anlagenumgebung

Mit der Veröffentlichung des erheblich erweiterten und am aktuellen internationalen Stand orientierten Leitfadens „Probabilistische Sicherheitsanalyse“ im November



Schematische Darstellung der betrieblichen und sicherheitsrelevanten Systeme einer Siedewasserreaktoranlage der Baulinie 69

2005 durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wird u. a. gefordert, eine PSA, ausgehend von möglichen Ereignissen im Leistungsbetrieb, bis einschließlich der Stufe 2 anlagenspezifisch durchzuführen. Der Leitfaden gibt hierfür aus behördlicher Sicht wesentliche Ziele, allgemeine Anforderungen an Umfang und Methoden sowie die Ergebnisdokumentation vor und verweist darüber hinaus auf die in den ebenfalls adäquat fortgeschriebenen PSA-Fachbänden „Methoden zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke“ und „Daten zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke“ festgelegten Einzelheiten zu den Analysebereichen und -stufen als eine nähere Bestimmung des Standes von Wissenschaft und Technik der PSA (BfS-SCHR-37/05, BfS-SCHR-38/05).

Die vom Facharbeitskreis „PSA für Kernkraftwerke“ – einem vom BFS geleiteten technischen Expertengremium – in die PSA-Fachbände aufgenommenen Empfehlungen zu fachlichen Grundlagen für probabilistische Methoden und Datenquantifizierung für die Stufe-2-Analysen wurden in weiten Teilen aus den Untersuchungen und Ergebnissen von Untersuchungsvorhaben für die beiden Anlagentypen „Druckwasserreaktor“ (DWR) und „Siedewasserreaktor“ (SWR) abgeleitet.

Zielstellung und Vorgehen

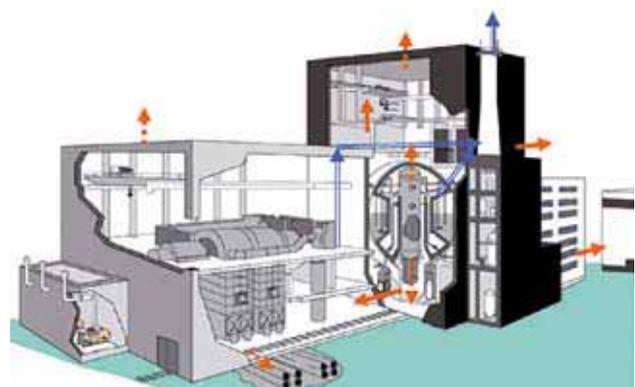
Das im Jahr 2006 abgeschlossene Untersuchungsvorhaben verfolgte die Zielstellung, durch eine anlagentypspezifische PSA für SWR der „Baulinie 69“ die vorhandene Methodik der probabilistischen Sicherheitsbewertung für Stufe 1 und 2 anzupassen, nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu erproben und zu bewerten

sowie ggf. weiterzuentwickeln. Die Eignung für den praktischen Einsatz war aufzuzeigen und Vorschläge für Vorgehensempfehlungen waren abzuleiten.

Die Untersuchungen umfassten folgende wesentlichen Arbeitsschritte:

- Anpassung der vorliegenden Basis-PSA Stufe 1 für den Leistungsbetrieb (LB) der Referenzanlage an den gegenwärtigen Stand.
- Durchführung von integralen Unfallablaufanalysen unter Kernschmelzbedingungen und Einbeziehung schadensmindernder Notfallmaßnahmen zur Ermittlung des Anlagenverhaltens und der potenziellen Spaltproduktfreisetzung in die Umgebung (siehe Abb. unten, blaue Pfeile sind Lüftungssysteme, orange Pfeile sind Türen, Berstklappen o. a.).

- Durchführung von probabilistischen Ereignisbaumanalysen.
- Untersuchung des Rückhaltepotenzials von Anlagenteilen und Baustrukturen für Spaltprodukte sowie Ermittlung der Häufigkeit von radiologischen Freisetzungen und Anlagenschadenzuständen.
- Vorschläge zur Weiterentwicklung der Anforderungen an PSA Stufe 1 und 2.



Schematische Darstellung untersuchter Freisetzungspfade radioaktiver Stoffe unter Kernschmelzbedingungen

Ergebnisse

Bei der Überarbeitung und Anpassung der Basis-PSA wurde für die System- und Ereignisablaufanalysen auf bewährte Analysemethoden zurückgegriffen. Neue bzw. erweiterte Methoden wurden z. B. in den Analysebereichen zur digitalen Leittechnik mit Sicherheitsfunktio-

nen, zur Bewertung von vorgeschriebenen Handmaßnahmen – speziell zu Fehldiagnosen und Fehlentscheidungen – sowie zur Erstellung der Schnittstelle zwischen Stufe-1- und Stufe-2-Analysen erprobt und bewertet.

Neben den wesentlichen Ergebnissen einer PSA der Stufe 1 zu Ereignisablaufanalysen, Sicherheitssystemfunktionen und der Ausgewogenheit der sicherheitstechnischen Auslegung im Hinblick auf dominierende Risikobeiträge wurden auch die Gesamthäufigkeiten von Gefährdungszuständen mit $2,9 \cdot 10^{-6}/a$ und von Kernschadenzuständen mit $2,0 \cdot 10^{-6}/a$ (jeweils Erwartungswerte) ermittelt. Hierbei zeigte sich u. a., dass insbesondere durch die hohe Diversität der auslegungsgemäß vorhandenen Einspeisesysteme die genannten Häufigkeiten der Schadenszustände etwa zwei Größenordnungen kleiner sind als die von der Internationalen Atomenergie-Organisation IAEA (IAEA Safety Guide NS-G-1.2, 2001) veröffentlichten, nicht zu überschreitenden Orientierungswerte für in Betrieb befindliche Anlagen (u. a. soll die Kernschadenshäufigkeit $1 \cdot 10^{-4}/a$ nicht überschreiten).

Die anschließenden Unfallablaufanalysen zur PSA Stufe 2 befassten sich mit ca. 20 verschiedenen Szenarien unter Kernschmelzbedingungen. Zusätzliche absichernde Analysen mit anderen Rechencodes, einem neuen Transportmodell für die relevanten Stoffklassen CsJ, CsOH, Te und Xe zur realistischeren Beschreibung von Rückhalteeffekten sowie eine Analyse der Streubreite der ermittelten Ergebnisse – insbesondere zur Quelltermprognose – wurden durchgeführt. Die Analyseergebnisse bildeten die Eingangsgrößen für die probabilistische Ereignisbaumanalyse für die Ermittlung der Häufigkeit von radiologischen Freisetzungen und Anlagenschadenzuständen.

Zusammenfassend lässt sich aus diesen Untersuchungen feststellen, dass einerseits – auch im Vergleich zum Anlagentyp DWR – die Eintrittshäufigkeit eines Kernschmelzszenarios extrem niedrig ist, andererseits aber eine relativ hohe bedingte (d. h. unter der Annahme, dass das Kernschmelzen eingesetzt hat) Wahrscheinlichkeit für das Versagen des Reaktordruckbehälters und des Sicherheitsbehälters unter Kernschmelzeinwirkung ermittelt wurde.

Die Vorwarnzeit für eine signifikante radioaktive Freisetzung, die mit erheblichem Anteil durch das Edelgas Krypton bestimmt ist, liegt dann nur etwa zwischen 1,5 und 5 Stunden, d. h. in dieser Zeitspanne – von der Erkennbarkeit einer bevorstehenden Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung und der Freisetzung selbst – besteht die Möglichkeit für konkretisierende Informationen hinsichtlich zu erwartender Folgen und Schutzmaßnahmen. Aufgrund des für eine Kernrückhaltung nicht ausgelegten Sicherheitsbehälters sind Freisetzungen von Radionukliden mit kurzfristig wirkender Dosis relativ hoch (größer 10 % des Anfangskerninventars). Freisetzungen mit langfristig zustandekommender Dosis sind meist geringer (zwischen 1 % und 10 % des

Anfangskerninventars). Im Hinblick auf die Begrenzung von Freisetzungen zeigen die Analysen Entwicklungspotenzial für Notfallstrategien.

Die Unsicherheitsanalyse ergab für diesen Anlagentyp eine relativ geringe Ergebnisstreuung der sensitiven Parameter für Kernschmelzabläufe im Vergleich zu Analysen für Anlagentypen mit DWR. Insgesamt sind die verfügbaren Methoden für die sehr komplexen Stufe-2-Analysen ausreichend entwickelt und haben ihre Anwendungsreife bestätigt. In weiten Teilen sind sie als Anwendungsempfehlungen in die PSA-Fachbände eingeflossen. Für die Sicherheitsüberprüfungen liegt somit ein praktikables Anforderungsspektrum für die Durchführung von PSA bis zur Stufe 2 und die Schaffung bzw. Weiterentwicklung der analytischen Basis für die Weiterentwicklung von Notfallstrategien unter Kernschmelzbedingungen vor.

ZUVERLÄSSIGKEITSBEWERTUNG VON DIGITALER SICHERHEITSTECHNIK IN KERNTECHNISCHEN ANLAGEN

Ansprechpartner:

Freddy Seidel (030 18333-1548)

Zu Fragen der Zuverlässigkeitsbewertung digitaler Sicherheitstechnik bearbeitete das Institut für Sicherheitstechnologie Garching (ISTec) ein UFOPLAN-Vorhaben im Auftrag des BMU und des BfS.

Die Sicherheitsleittechnik überwacht und begrenzt automatisch die Werte der Sicherheitsparameter (z. B. die Neutronenflussdichte) und löst bei Grenzwertüberschreitung Sicherheitsmaßnahmen wie die Reaktorschnellabschaltung aus. Bei Errichtung der Kernkraftwerke wurden fest verdrahtete leittechnische Einrichtungen mit analoger Relais- und Transistortechnik eingesetzt. Diese Bauteile sind heute nur noch sehr aufwändig instandzusetzen oder herzustellen. Die Umrüstung der Leittechnik auf Digitaltechnik, mit der Messwerte und Betriebsdaten rechnergestützt verarbeitet werden, hat deshalb auch in Kernkraftwerken begonnen.



Im KKW ISAR 1 wurden Teile der Warte sowie Teile der Sicherheitsleittechnik unter Verwendung Software-basierter Einrichtungen umgerüstet (Quelle: E.ON Kernkraft GmbH Kernkraftwerk Isar)

Im Schwerpunkt des Vorhabens wurden Betrachtungsfelder mit Verweisen auf Anforderungen des geltenden kerntechnischen Regelwerks zusammengestellt, die beim Nachweis der Zuverlässigkeit digitaler Sicherheitsleittechnik zu berücksichtigen sind. Dabei wurden insbesondere übergeordnete Anforderungen an die Softwareentwicklung und -qualifizierung einbezogen. Die Betrachtungsfelder können das Verfahren zum Zuverlässigkeitsnachweis unterstützen, weil zu einer vorgegebenen übergeordneten sicherheitstechnischen Fragestellung die wesentlichen Kriterien und Anforderungen systematisch zugeordnet sind.

So ist eine ausfallsichere Systemarchitektur nicht allein durch die Vorgabe mehrerer paralleler (redundanter) Systemzweige gewährleistet, die zeitgleich gleiche Funktionen ausführen, sondern es sind zusätzliche Vorkehrungen wie räumliche und funktionale Trennung der Systemzweige zu treffen. Für Systeme mit höchster Sicherheitsbedeutung, z. B. für den Reaktorschutz, sind gemäß Regelwerk zudem Maßnahmen gegen das systematische Versagen einer Leittechnikfunktion vorzusehen. Hierzu ist nachzuweisen, dass in den einzelnen Systemzweigen unterschiedliche physikalische Schutzparameter verarbeitet oder unterschiedlich aufgebaute Teilsysteme verwendet werden. Zudem kommen wiederum Anforderungen an die Trennung der Teilsysteme, Instandhaltung und Dokumentation.

Die Vorhabensergebnisse wurden vom BfS bereits bei der Konzepterstellung zu Verfahrensweisen für einen Sicherheitsnachweis für digitale Leittechnik in Kernkraftwerken berücksichtigt.

Im Rahmen des o. a. Vorhabens sind die Betriebseigenschaften der Digitaltechnik hinsichtlich folgender Aspekte des Zuverlässigkeitsnachweises besonders eingehend untersucht worden:

Instandhaltung digitaler Sicherheitsleittechnik

Aus dem nationalen und internationalen Regelwerk wurden die Anforderungen an die Instandhaltung von digitaler Leittechnik zusammengestellt (www.bfs.de/kerntechnik/sicherheit/istec_a_899_rev3.pdf) und – falls erforderlich – präzisiert. Diese Sammlung enthält in Bezug auf sicherheitskritische Leittechniksysteme folgendes Beispiel: Der Austausch einer einzelnen defekten Leittechnikbaugruppe ist während des Leistungsbetriebs zulässig, falls dabei eine Austauschbaugruppe mit gleicher Spezifikation verwendet wird. Hingegen ist eine Änderung der Software während des Leistungsbetriebs unzulässig, weil gemäß den geltenden Richtlinien jede Änderung einer Software mit höchster Sicherheitsbedeutung mit einem Prüfverfahren zu begleiten und bei abgeschalteter Anlage durchzuführen ist.

Betriebserfahrung mit digitaler Leittechnik

Bei Technikanwendungen soll die Betriebserfahrung zur Bewertung der Zuverlässigkeit beitragen. Allerdings ist der Bewertungsbeitrag bei Sicherheitssystemen, die nur selten angefordert werden, eingeschränkt. Um eine große Datenbasis zu gewinnen, werden national wie

international möglichst alle meldepflichtigen Ereignisse in Kernkraftwerken gesammelt und ausgewertet, bei denen softwaregestützte Systeme an der Ursache beteiligt waren. Mit dem Vorhaben wurden deutsche Beiträge für das internationale Datensammelungsprojekt „OECD Exchange of Operating Experience Concerning Computer-based Systems Important to Safety“ (COMPSIS, www.nea.fr/html/jointproj/compsis.html) vorbereitet und im Gegenzug ausländische Beiträge ausgewertet. Außerdem wurden Kriterien für die Akzeptanz von Betriebserfahrungen als Beitrag für den Zuverlässigkeitsnachweis formuliert. Betriebserfahrungen sollen danach eindeutig im anlagentechnischen und funktionalen Kontext dokumentiert sein. Das betroffene Leittechniksystem soll bei Einbau eine bestimmte Entwicklungsreife erlangt haben (geringe Änderungshäufigkeit vor dem Einbau) und konsequent einem vollständig dokumentierten Konfigurationsmanagement unterworfen sein.

Zuverlässigkeitsanforderungen im Ausland

Im Rahmen des Vorhabens wurden Beiträge zur Überarbeitung des Konsensusberichts EUR 19265 erarbeitet (in erster Fassung im Jahr 2000 veröffentlicht – www.ec.europa.eu/energy/nuclear/publications/doc/eur20818.pdf). In diesem Bericht haben Vertreter europäischer atomrechtlicher Behörden und Gutachter im Konsens genehmigungsrelevante Anforderungen an die Software von Leittechnik mit höchster Sicherheitsbedeutung zusammengestellt. Derzeit wird eine erweiterte Berichtsversion mit dem Titel „Licensing of safety critical software for nuclear reactors“ unter Beteiligung des BfS erstellt. Bei der Ergänzung des Berichts stehen die Akzeptanz von Betriebserfahrungen, die sicherheitstechnische Kategorisierung von Leittechnikfunktionen sowie die Bewertungsfragen zur Zuverlässigkeit und Softwarearchitektur im Fokus.

Erfahrungen aus Projekten zur Modernisierung der Sicherheitsleittechnik

Im Vorhaben wurden auch Erfahrungen aus ausgewählten Modernisierungsprojekten in deutschen wie ausländischen Kernkraftwerken hinsichtlich anlagenübergreifender Gesichtspunkte ausgewertet. Danach sollte die Frage, ob zu einem digitalen Schutzsystem ein zusätzliches Leittechniksystem erforderlich ist, nicht ad hoc und ohne Berücksichtigung der Anlagenspezifik beantwortet werden. Die funktionale Bedeutung des Zusatzsystems und dessen Einbindung in das gestaffelte Sicherheitssystem zur Störfallbeherrschung bzw. zur Vorbeugung von Unfällen jenseits der Auslegung müssen eindeutig vorgegeben sein. Aspekte wie erhöhte Komplexität des gesamten Leittechniksystems, Kompatibilität und Priorität der Einzelsysteme untereinander sind zu bewerten.

ERHÖHUNG DER SICHERHEIT BEI DER INNERSTAATLICHEN UND GRENZÜBERSCHREITENDEN BEFÖRDERUNG RADIOAKTIVER STOFFE

Ansprechpartner:

Frank Nitsche (030 18333-1770)

Grundlage für die Gewährleistung der Transportsicherheit sind die von der Internationalen Atomenergie-Organisation in Wien (IAEA) herausgegebenen „Regelungen zum sicheren Transport radioaktiver Stoffe“, deren regelmäßige Analyse und Weiterentwicklung durch Untersuchungsaufträge im Rahmen von UFOPLAN-Vorhaben begleitet wird. Die hieraus gewonnenen Ergebnisse werden vom BfS in die Weiterentwicklung dieses Regelwerkes eingebracht und dadurch der internationale Stand von Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet des sicheren Transports radioaktiver Stoffe mitbestimmt. Im Jahr 2006 wurden Untersuchungen zum UFOPLAN-Vorhaben „Erfassung, Bewertung und Fortentwicklung der sicheren Beförderung radioaktiver Stoffe: Untersuchungen über aktuelle Fragestellungen zur Sicherheit bei der innerstaatlichen und grenzüberschreitenden Beförderung radioaktiver Stoffe und Fortentwicklung der internationalen Transportvorschriften“ von der GRS durchgeführt. Sie umfassen schwerpunktmäßig folgende Teilaufgaben:

- Durchführung von Sicherheitsanalysen zum Rücktransport hochdruckverpresster radioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung, zum Transport radioaktiver Abfälle aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen sowie zum Transport sonstiger radioaktiver Stoffe in Deutschland, die in bisherigen Sicherheitsanalysen noch nicht erfasst wurden.
- Entwicklung eines Gesamtmodells für Transportrisikoanalysen und Bewertung seiner Anwendbarkeit für künftige Transporterfordernisse und Regelwerksfortentwicklungen.
- Ableitung von Kriterien zur Harmonisierung von Sicherheits- und Sicherungsanforderungen beim Transport radioaktiver Stoffe.
- Teilnahme an internationalen Forschungsprogrammen der IAEA zur Transportsicherheit (IAEA coordinated research programs).

Die von der IAEA initiierten Forschungsprogramme dienen direkt der Weiterentwicklung des IAEA-Regelwerkes und der Vertiefung seiner wissenschaftlich-technischen Grundlagen. Ein mehrjähriges koordiniertes Forschungsprogramm der IAEA zu Unfalluntersuchungen beim Lufttransport von radioaktiven Stoffen (Accident Severity during the Air Transport of Radioactive Material) konnte Ende 2006 abgeschlossen werden. Die Veröffentlichung des Abschlussberichts wurde von der IAEA für 2007 angekündigt.

KOMMUNIKATION MIT DER ÖFFENTLICHKEIT BEI RADIOLOGISCHEN EREIGNISSEN IN KERNTÉCHNISCHEN ANLAGEN

Ansprechpartnerin:

Natalie Zander (030 18333-2677)

Falls in einer kerntechnischen Anlage eine Krisensituation auftritt, müssen die zuständigen Behörden neben ihren fachlichen Entscheidungs-, Koordinierungs- und Kommunikationsaufgaben die Öffentlichkeit über die möglichen Gefahren und die erforderlichen Maßnahmen umfassend, eindeutig und verständlich informieren. Eine Kommunikation mit betroffenen und interessierten Bürgern muss zeitnah, umfassend und präzise erfolgen.

Das BfS misst der Kommunikation mit der Öffentlichkeit in einem Ereignisfall große Bedeutung bei. In dem Untersuchungsvorhaben „Kommunikation mit der Öffentlichkeit bei radiologischen Ereignissen in kerntechnischen Anlagen“ sollen Vorschläge zur Verbesserung ereignisbezogener Kommunikation erarbeitet werden.

Um behördliche Mitteilungen zu testen, führten das BfS und die mit dem Untersuchungsvorhaben beauftragte Firma mit Unterstützung des Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit (GSF, www.gsf.de) ein Kommunikations-Planspiel im Oktober 2006 am BfS-Standort Neuherberg durch. An diesem Planspiel nahmen GSF-Mitarbeiter, Mitglieder einer Arbeitsgruppe der Strahlenschutzkommission (SSK, www.ssk.de) sowie Medienvertreter (Presse/Rundfunk) teil. Die GSF-Mitarbeiter repräsentierten die allgemeine Öffentlichkeit und wurden daher von der beauftragten Firma nach speziellen Kriterien ausgewählt (keine Tätigkeit im Strahlenschutzbereich, Geschlecht, Alter, Bildungsstand, Kinder etc.). Als Beobachter fungierten Vertreter des BMU, der SSK-Vorsitzende sowie für Notfallschutz und Öffentlichkeitsarbeit zuständige BfS-Mitarbeiter.

Den Beteiligten wurden behördliche Mitteilungen vorgelegt, die sie nach folgenden Kriterien bewerten sollten:

- Sind die behördlichen Mitteilungen und Erläuterungen für Nicht-Fachleute verständlich?
- Wie wird der Informationsgehalt dieser Mitteilungen aufgenommen?
- Wie unterschiedlich sind die Reaktionen der Adressaten in Abhängigkeit vom Alter, Bildungs- und Familienstand auf die Mitteilungen?

Wesentliche Erkenntnisse aus dem Planspiel sind:

- Amtliche Mitteilungen mit Handlungsanweisungen für die Schutzmaßnahmen der Bevölkerung sollen sehr kurz und prägnant sein. Sie sind in kürzeren Abständen zu wiederholen bzw. zu aktualisieren.
- Erläuterungen und Hintergrundinformationen sollen unter Verwendung von grafischen Visualisierungen

- u. a. auf einer geeigneten Internetplattform bereitgestellt werden.
- Mitteilungen sollen auch das Informationsbedürfnis von Zielgruppen (z. B. Lehrer, Landwirte, Ärzte etc.) abdecken.
- Die in Mitteilungen und Erläuterungen zu verwendenden Bezugswerte sollen einen einheitlichen Maßstab und einen klaren zeitlichen Bezugsrahmen haben.
- Eine effiziente Krisenkommunikation im Ereignisfall setzt eine zielgerichtete Risikokommunikation im Vorfeld voraus.

Die zahlreichen Vorschläge, Anregungen und Kommentare werden dazu beitragen, Inhalt, Art und Verständlichkeit der Informationen in einem Ereignisfall besser auf die Erwartungen und Bedürfnisse der Öffentlichkeit und Interessensgruppen auszurichten. Nur eine klare und eindeutige Sprache hilft, Missverständnisse und Fehlinformationen zu vermeiden und dadurch das Vertrauen in behördliche Aussagen zu stärken.

DOSISERMITTLUNG BEI ZAHNMEDIZINISCHEN RÖNTGENUNTERSUCHUNGEN

Ansprechpartner:

Richard Veit (030 18333-2339)

Ein wesentliches Ziel der Novellierung der Röntgenverordnung (RöV) im Jahre 2002 ist die Reduzierung der Strahlenbelastung der Patienten durch die Röntgendiagnostik. Diesem Zweck dient u. a. auch die Einführung der diagnostischen Referenzwerte (DRW) für häufige (z. B. Thoraxaufnahmen) und dosisintensive (z. B. CT) Röntgenuntersuchungen. Die vom Bundesamt für Strahlenschutz veröffentlichten DRW für röntgendiagnostische Untersuchungen stellen obere Richtwerte dar, d. h. der behandelnde Arzt ist gehalten, die Untersuchungen so zu optimieren, dass die DRW im Mittel nicht überschritten werden. Die DRW sind jedoch keine Dosis-Grenzwerte für Patienten und gelten auch nicht für individuelle Untersuchungen. Lediglich die Mittelwerte der Patientendosis der betreffenden Untersuchung in einer Klinik oder Praxis sollen die DRW nicht überschreiten.

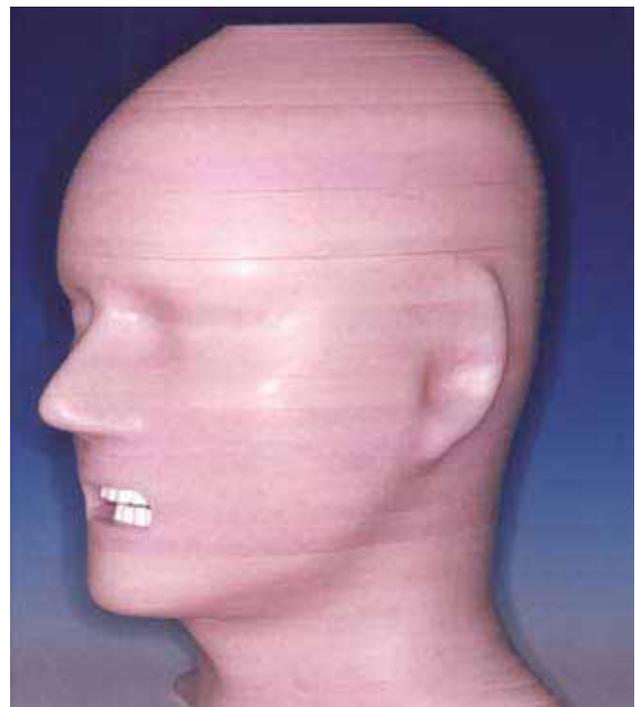
Zahnmedizinische Röntgenuntersuchungen blieben bei der Einführung der DRW zunächst unberücksichtigt. Vorher sollte im Rahmen eines Untersuchungsvorhabens ein Konzept zur Ermittlung der Strahlenbelastung des Patienten in der Dentalradiologie (Röntgenuntersuchungen der Zähne) erarbeitet werden. Das im Rahmen des Umweltforschungsplans durchgeführte Projekt startete im Jahr 2004.

Ziel war die Ermittlung von möglichst einfachen Messgrößen für die Strahlenbelastung der Patienten bei den typischen zahnmedizinischen Röntgenuntersuchungen wie intraoralen Aufnahmen (konventionelle Zahnaufnahmen), Panorama-Schichtaufnahmen (Aufnahmen des gesamten

Gebisses mit einer umlaufenden Röntgenröhre), Schädel-Fernaufnahmen, Dental-CT (Querschnittsbilder dünner Schichten im Kieferbereich) und Digitaler Volumentomographie DVT (3-dimensionale Aufnahmen des Kieferbereichs). Ein weiteres Ziel war die Erhebung von statistischen Daten der Messgrößen für die o. g. Untersuchungsarten bei jeweils mehreren Anwendern, um den Variationsbereich der in der Praxis auftretenden Dosen zu erfassen. Das ist deshalb wichtig, weil die DRW üblicherweise als 3. Quartile einer ermittelten Verteilung einer Messgröße bei vielen Anwendern festgelegt werden. (Die 3. Quartile einer Verteilung ist der Wert, den 75 % der Werte unterschreiten und 25 % überschreiten.) Der Hintergrund dieser Festlegung der DRW als 3. Quartile ist der, dass die 25 % der Anwender, deren mittlere Patientendosis die DRW überschreiten, ihre Geräte- oder Verfahrenstechnik so ändern sollen, dass auch sie die DRW einhalten. Auf diese Weise sollten die Patientendosis und die DRW mittel- und langfristig reduziert werden. Die ermittelten Messgrößen sollten überdies ein Maß für die effektive Dosis dieser Untersuchungen sein, damit aus deren Kenntnis die Strahlenbelastung der Patienten abgeschätzt werden kann.

In dem Untersuchungsvorhaben wurde das Dosisflächenprodukt DFP (Produkt aus der Dosis in Luft und der Querschnittsfläche des Strahlenfelds vor dem Patienten) für Röntgenaufnahmen sowie das Dosislängenprodukt DLP (Produkt aus mittlerer Dosis im betroffenen Körperbereich und dessen Länge) für Dental-CT und DVT als Messgrößen gewählt.

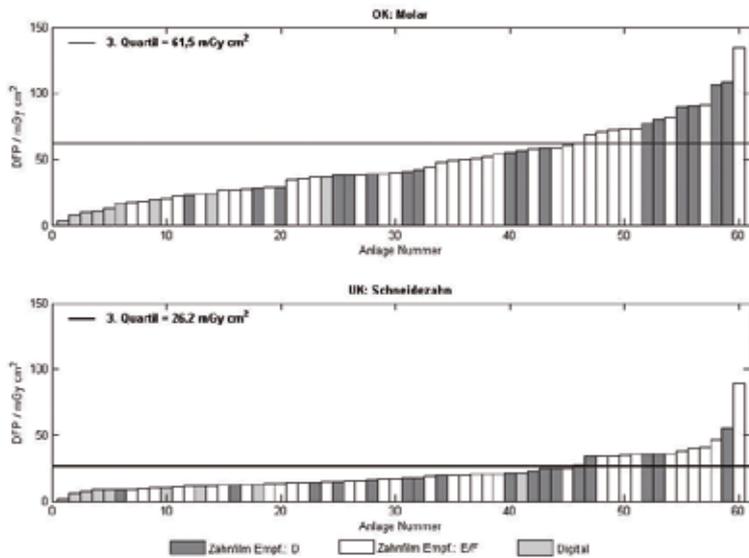
Ausgehend von Dosismessungen mit einem menschenähnlichen Phantomkopf an Referenzanlagen wurden für alle üblichen dentalradiologischen Untersuchungstechniken



Anthropomorphes (menschenähnliches) Kopfphantom zur Ermittlung der effektiven Dosis bei zahnmedizinischen Röntgenuntersuchungen (aus Visser H: Untersuchungen zur Optimierung der parodontologischen Röntgendiagnostik. Quintessenz-Verlag Berlin 2000)

niken Umrechnungsfaktoren zwischen den Messgrößen DFP und DLP und der effektiven Dosis ermittelt. Gleichzeitig wurde auch der Zusammenhang zwischen den Messgrößen und den Untersuchungsdaten (Spannung, Strom, Bestrahlungsdauer usw.) untersucht.

Anhand von Feldstudien und Umfragen zu den Untersuchungsdaten bei einer Reihe von Anwendern (Zahnärzten und Kliniken) wurde die Verteilung der DFP- bzw.



DFP-Verteilung bei Aufnahmen des Oberkiefer-Backenzahns und Unterkiefer-Schneidezahns

DLP-Werte der betroffenen Röntgenuntersuchungen ermittelt. Diese Daten wurden dann statistisch ausgewertet und Empfehlungen für DRW abgeleitet. Als Beispiel ist in der Abbildung oben die Verteilung des DFP bei intraoralen Aufnahmen dargestellt.

Betrachtet man die aus den 3. Quartilen der Messgrößen resultierenden effektiven Dosen, so erhält man bei intraoralen Techniken einen Wert von 6,2 μ Sv für den Oberkiefer-Backenzahn, 5,7 μ Sv für die Bissflügelaufnahme (hinten) sowie 10,3 μ Sv für die Aufbissaufnahme. Für Panorama-Schichtaufnahmen liegen die entsprechenden Werte je nach Programm zwischen 16,2 μ Sv und 19,5 μ Sv. Für die Schädel-Fernaufnahme des Erwachsenen wurde ein Wert von 4,3 μ Sv ermittelt. Bei Dental-CT ergaben sich Werte von 368 μ Sv (Oberkiefer), 374 μ Sv (Unterkiefer) und 774 μ Sv (Untersuchung beider Kiefer). Für die DVT wurde ein Wert von 134 μ Sv ermittelt.

Mit Ausnahme der DVT wurden für alle Untersuchungsarten Minimierungspotenziale festgestellt – z. B. durch die Verwendung digitaler Techniken oder empfindlicherer Röntgenfilme. Die Einführung von DRW wird daher von den Autoren der Studie für intraorale Aufnahmen, Panorama-Schichtaufnahmen und die Dental-CT empfohlen. Für die DVT wird die Einführung von DRW nicht empfohlen, da die Anwender bei der überwiegenden Mehrheit der Geräte keinen Einfluss auf die Ein-

stellung der Geräte haben. Der weitaus größte Teil aller in der zahnärztlichen Praxis durchgeführten Schädel-Fernaufnahmen erfolgt im Zusammenhang mit kieferorthopädischen Behandlungen (Zahnspangen) bei Kindern. Von daher hat nach den Erkenntnissen dieser Studie die Schädel-Fernaufnahme keine Bedeutung in der Dentaldiagnostik für Erwachsene, so dass auch hier DRW nicht vorgeschlagen werden.

Vor dem Hintergrund der relativ niedrigen Patientendosen bei den zahnmedizinischen Röntgenuntersuchungen ist es allerdings problematisch, die Empfehlungen der Studie zur Einführung von DRW, insbesondere bei intraoralen Aufnahmen und Panorama-Schichtaufnahmen, umzusetzen.

BEDEUTUNG MOLEKULARER STRAHLENWIRKUNGEN FÜR DIE INDIVIDUELLE STRAHLENEMPFFINDLICHKEIT

Ansprechpartnerin:

Maria Gomolka (030 18333-2211)

Die derzeit am besten verstandenen zellulären Reaktionen auf eine Strahleneinwirkung beziehen sich auf die direkten Schädigungen der Erbsubstanz (DNS). Ionisierende Strahlung erzeugt in der DNS ein vielfältiges Schädigungsmuster. Die Mehrzahl der Schäden sind Veränderungen der Grundbausteine der DNS, aber auch Strangbrüche innerhalb des DNS-Moleküls. Die unterschiedlichen Schädigungen werden durch spezifische Moleküle erkannt, die dann über unterschiedliche Signalübertragungswege spezifische zelluläre Reaktionskaskaden aktivieren. Über diese Reaktionskaskaden ist es Zellen möglich, DNS-Schäden zu reparieren oder, falls dies nicht möglich ist, den Zelltod einzuleiten. Folglich ist es nicht überraschend, dass zu den zellulären Parametern, die die individuelle Strahlenempfindlichkeit bestimmen können, Faktoren gehören, die mittelbar oder unmittelbar im Zusammenhang mit der Erkennung und der Reparatur von DNS-Schäden sowie dem programmierten Zelltod stehen.

Strahlung kann aber nicht nur direkt auf die Erbsubstanz einwirken und diese verändern, es werden auch indirekte Wirkungen beobachtet. Diese nicht direkt an Basensequenzen der DNS ansetzenden sog. „epigenetischen“ Wirkmechanismen können u. a. die Stabilität der Erbsubstanz beeinflussen. Eine instabile Erbsubstanz kann ihrerseits zu einer Veränderung der Strahlenempfindlichkeit beitragen. Dies hat unmittelbar Auswirkungen auf die Strahlenempfindlichkeit und damit auf das strahlenbedingte Krebsrisiko.

In einem vom BfS geförderten Untersuchungsvorhaben (Entwicklung von Verfahren zur Erkennung individueller Strahlenempfindlichkeit) wurde in einem molekular-epidemiologischen Studienansatz versucht, charakteristische molekulare Veränderungen zum Nachweis der Strahlenempfindlichkeit bzw. zur Identifizierung strahlen-

empfindlicher Personen herauszuarbeiten. Dazu wurde in Blutzellen von Tumorpatienten sowohl die zelluläre Reparaturkapazität (Comet-Assay) als auch die Genexpression der meisten für den Menschen bekannten DNS-Reparaturgene untersucht. Zusätzlich wurden Varianten in Genen untersucht, die zu Störungen der Reparatur von Strahlenschäden beitragen, und auf diese Weise zu erhöhten Mutationsraten, genetischer Instabilität und erhöhtem Krebsrisiko führen können. Die Untersuchungen wurden vor Therapiebeginn an gesunden Zellen von 400 strahlentherapierten Prostatakazinom-Patienten vorgenommen. Die von den Patienten erfassten Daten zur Vorgeschichte und zur klinischen Behandlung umfassten Parameter wie Lebensalter, Körpergröße, Tabak- und Alkoholkonsum sowie begleitende Hormontherapie und Nebenwirkungen einer Strahlentherapie.

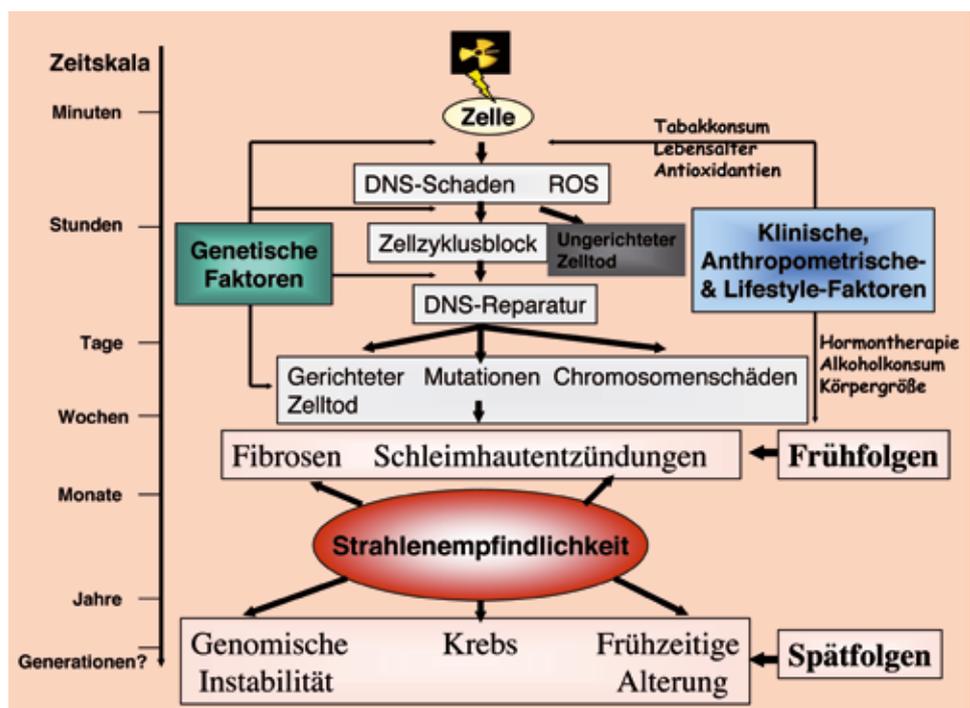
13,3 % der Patienten zeigten Reaktionen einer erhöhten Empfindlichkeit nach Strahlentherapie, die z. B. zu schwerwiegenden Entzündungen der Darmschleimhaut führte. Die klinisch manifeste Strahlenempfindlichkeit wurde auch durch die Körpergröße, den Alkoholkonsum oder die Hormontherapie beeinflusst. Bei Personen über einer Körpergröße von 180 cm wurden signifikant mehr Personen mit einer erhöhten Strahlenempfindlichkeit beobachtet, wohingegen Patienten mit Alkoholkonsum oder Hormontherapie deutlich weniger empfindlich auf die Strahlentherapie reagierten. Auf zellulärer Ebene wurde beobachtet, dass Personen mit einem erhöhten Grundschaden in der Erbsubstanz unter Berücksichtigung des Alters und des Tabakkonsums ein 2,5fach erhöhtes Risiko haben, auffällige Reaktionen nach Strahlentherapie zu entwickeln. Die Einzeleffekte der untersuchten Parameter erwiesen sich dagegen als zu gering, so dass selbst in diesem großen Studienkollektiv kein statistisch signifikanter Einfluss auf die klinische Strahlenempfindlichkeit beobachtet werden konnte.

Durch den Strahlenschaden wird in den Zellen eines Organismus eine zeitliche Reaktionskaskade ausgelöst. Minuten nach der Bestrahlung entstehen direkte Strangbrüche in der DNS und reaktive Sauerstoffradikale (ROS), die ebenfalls die DNS schädigen, aber auch Zellreaktionen wie Nekrose (ungerichtete Zellyse) und Apoptose (gerichteter Zelltod) auslösen und damit Entzündungsreaktionen setzen. Über spezifische Sensoren wird die Zelle in der Zellteilung gestoppt (Zellzyklusblock) und die Reparatur der Erbsubstanz eingeleitet.

Kann keine Reparatur stattfinden, so wird der gerichtete Zelltod ausgelöst, durch falsche Reparatur entstehen Basenveränderungen (Mutationen) oder Chromosomenschäden. Genetische Faktoren, aber auch Umweltfaktoren, beeinflussen diese verschiedenen Prozesse und führen bei empfindlichen Personen zu massiven klinischen akuten Reaktionen wie Fibrosen (Veränderungen der Haut) oder Schleimhautentzündungen, die z. B. bei Prostata-Patienten zu schweren Durchfällen führen. Spätfolgen der Strahlenreaktionen sind Tumore, aber auch vorzeitiges Altern. Beide Effekte sind mit der Auslösung einer genomischen Instabilität verbunden. Bisher ist noch nicht geklärt, ob diese genomische Instabilität auch auf nachfolgende Generationen übertragen wird.

Die Ergebnisse des Untersuchungsvorhabens belegen, dass der Strahlenempfindlichkeit ein sehr komplexes Geschehen auf der Ebene der Zellen zu Grunde liegt (siehe Abbildung unten) und statistisch signifikante Beziehungen zwischen zellulären Reaktionen und klinisch beobachtbarer Strahlenempfindlichkeit erst nach einer umfassenden Analyse von äußeren Einflussfaktoren (Ernährung, Therapie, Lebensstil) nachgewiesen werden können. Die genomische Stabilität scheint einen Einfluss auf die Strahlenempfindlichkeit zu haben, wie der erhöhte Grundschaden der DNS strahlenüberempfindlicher Patienten anzeigt. Allerdings ist die Analyse des DNS-Reparaturverhaltens für eine gute Abschätzung der individuellen Strahlenempfindlichkeit allein nicht ausreichend. In anderen zurzeit laufenden und zukünftigen Projekten sollen daher noch weitere biochemische Mechanismen und biologische Endpunkte, wie z. B. der programmierte Zelltod, mit dem Ziel untersucht werden, auf laborexperimenteller Ebene abgesicherte Testverfahren auf die individuelle Strahlenempfindlichkeit zu entwickeln.

Innere und äußere Einflüsse auf die Strahlenempfindlichkeit



ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

SCHACHTANLAGE KONRAD (SALZGITTER)

Ansprechpartner:

Frank Printz (030 18333-1840)

Drei Kommunen und zwei Privatpersonen haben gegen den im Mai 2002 erteilten Planfeststellungsbeschluss (Pfb) für die Errichtung und den Betrieb eines Endlagers für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung in der Schachtanlage Konrad Klage erhoben. Die eingereichten Klagen gegen den Planfeststellungsbeschluss hatten für den Vollzug der Genehmigung eine „aufschiebende Wirkung“ entfaltet, d. h. der Beschluss durfte nicht vollzogen werden. Das Oberverwaltungsgericht (OVG) Lüneburg hat mit der Entscheidung vom 08.03.2006 die Klagen abgewiesen und eine Revision vor dem Bundesverwaltungsgericht nicht zugelassen.

Die Kläger haben im Juli 2006 Beschwerden gegen die Nichtzulassung einer Revision eingelegt und beantragt, die Revision zuzulassen. Das OVG hat selbst nicht abgeholfen und die Nichtzulassungsbeschwerden dem Bundesverwaltungsgericht zur Entscheidung übersandt. Das Bundesverwaltungsgericht hat mit Beschluss vom 26.03.2007 die Beschwerden zurückgewiesen. Der Rechtsweg ist damit erschöpft. Somit liegt ein rechtskräftiger und unanfechtbarer Planfeststellungsbeschluss zum Endlager Konrad vor.

Nach der Entscheidung der Bundesregierung, mit der Vorbereitung zum Bau des Endlagers zu beginnen, wird das BfS in einer etwa zweijährigen Vorbereitungsphase die für den Umbau erforderliche Infrastruktur sowie die insbesondere vergaberechtlichen Voraussetzungen schaffen. Der eigentliche Umbau des Schachtes Konrad zu einem Endlager wird dann etwa vier Jahre in Anspruch nehmen. Insgesamt ist also mit einem Zeitraum von etwa sechs Jahren bis zum Beginn der Einlagerung radioaktiver Abfälle in Konrad zu rechnen.

Die Umrüstung von Schacht Konrad für den Endlagerbetrieb wird voraussichtlich etwa 900 Millionen Euro kosten. Bisher wurden bereits etwa 900 Millionen Euro in Konrad investiert. Insgesamt ist mit Gesamtkosten von etwa 1,8 Milliarden Euro bis zur Inbetriebnahme als Endlager zu rechnen. Mit den Baumaßnahmen wird das BfS die Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) beauftragen.

Vor dem Hintergrund des Alters der gesamten Schachtanlage und insbesondere der technischen Komponenten und baulichen Anlagen werden weiterhin Sanierungsmaßnahmen, insbesondere an den Schächten, notwendig. Derzeit wird das Konzept für die Sanierung des Schachtes Konrad 2 geprüft. Die Sanierung ist erforderlich, da sich die Schachteinbauten in einem Zustand befinden, der ein Handeln im Hinblick auf einen si-

cheren Betrieb erfordert. Eine weitere Verschiebung dieser umfangreichen Maßnahme ist bergsicherheitlich nicht zulässig und vertretbar.

Auch die Schachtförderanlage Konrad 1 Süd ist in einem sanierungsbedürftigen Zustand. Da Ersatzteile nicht mehr zu beschaffen sind, wurden Sanierungskonzepte erarbeitet, die einen weiteren Offenhaltungsbetrieb bzw. eine spätere Umrüstung zum Endlager berücksichtigen.

Weitere aktuelle Informationen finden Sie auf unserer Internetseite (www.bfs.de). Dort können Sie sich über die aktuelle Entwicklung sowie das weitere Vorgehen informieren.

ENDLAGER MORSLEBEN (ERAM)

Ansprechpartner:

Wilhelm Hund (030 18333-1800)

Das in den ehemaligen Kali- und Steinsalzgruben Bartensleben und Marie durch die ehemalige DDR ab 1971 betriebene Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) ging durch den Einigungsvertrag 1990 in die Verantwortung der Bundesrepublik Deutschland und damit des BfS über und wurde bis 1998 zur Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle genutzt. Im ERAM wurden in der Zeit zwischen 1971 und 1998 insgesamt ca. 37.000 m³ schwach- und mittelradioaktive Abfälle mit einer Gesamtaktivität von weniger als $6 \cdot 10^{14}$ Bq (Aktivitätsangabe bezogen auf den Stichtag: 30.06.2005) eingelagert.

Der am 13. Oktober 1992 beim Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt (MLU) gestellte Antrag auf Weiterbetrieb des ERAM über das Jahr 2000 hinaus wurde mit Antrag vom 9. Mai 1997 auf die Stilllegung des ERAM beschränkt.

Seit 2003 werden ausgewählte Grubenbaue im Zentralteil zur bergbaulichen Gefahrenabwehr mit Salzbeton mit dem Ziel der Stabilisierung des Grubengebäudes verfüllt. Das Verfahren zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) geht in eine entscheidende Phase. Das BfS hat im Jahr 2005 die Unterlagen zur Öffentlichkeitsbeteiligung für die Stilllegung des ERAM beim Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt als zuständiger Genehmigungsbehörde eingereicht.

Diese Unterlagen werden derzeit durch die Genehmigungsbehörde geprüft.

Bergbauliche Gefahrenabwehrmaßnahme im Zentralteil

Seit Oktober 2003 werden ausgewählte Hohlräume der Grube Bartensleben, in denen keine radioaktiven Abfälle lagern, im Rahmen bergbaulicher Gefahrenabwehrmaßnahmen mit Salzbeton verfüllt (bGZ). Die Verfüllung im bergmännisch stark durchbauten Zentralteil der Gru-

be Bartensleben dient dazu, langfristig die Standsicherheit und Integrität des Grubengebäudes zu gewährleisten. Insgesamt werden 23 Grubenbaue im Zentralteil der Schachanlage Bartensleben mit insgesamt ca. 730.000 m³ Salzbeton weitgehend verfüllt. Hierzu wird aus Steinsalz und Bindemitteln ein Salzbeton angemischt, der durch eine Rohrleitung von über Tage bis in die untertägigen Hohlräume gepumpt wird. Die folgenden Abbildungen zeigen die untertägig verlegte Rohrleitung mit Eintritt in die Verfüllbohrung sowie den flüssigen Salzbeton in einem zu verfüllenden Grubenraum.



Salzbetonförderanlage – Leitung unter Tage; Einlauf in Verfüllbohrung unter Tage



Blick in einen Abbau während der Verfüllung im Rahmen der bGZ

Bis Ende 2006 wurden rund 390.000 m³ in 13 Abbaue auf den Sohlen 1, 2, 3a und 3 verpumpt.

ERKUNDUNGSBERGWERK GORLEBEN

Ansprechpartner:

Frank Printz (030 18333-1840)

Die Arbeiten zur übertägigen Erkundung des Salzstockes am Standort Gorleben für die Endlagerung aller Arten von radioaktiven Abfällen begannen im April 1979. Nach Abschluss dieser Untersuchungen stimmte die

Bundesregierung im Juli 1983 der untertägigen Erkundung des Salzstockes zu.

Nach vorbereitenden Arbeiten begann die untertägige Erkundung mit dem Abteufen des Schachtes Gorleben 1 im Oktober 1986 und des Schachtes Gorleben 2 im April 1987. Im Oktober 1996 wurde die durchgehende Verbindung zwischen den beiden Schächten in 840 m Tiefe fertiggestellt. Es schloss sich die Auffahrung von Hohlräumen zur Einrichtung von Werkstätten, Materiallagern usw. an.

Nordöstlich davon wurde ein Areal mit Strecken umfahren, der so genannte Erkundungsbereich 1. Dieser Bereich wurde durch geotechnische Messungen und geologische Kartierungen intensiv erkundet. Die Erkundungsergebnisse wurden entsprechend des Fortschrittes der Arbeiten in Zwischenberichten dokumentiert.

Als Folge der Vereinbarung vom 14.06.2000 zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen über die geordnete Beendigung der Kernenergienutzung wurde die untertägige Erkundung des Salzstockes Gorleben am 1. Oktober 2000 für mindestens drei bis höchstens zehn Jahre unterbrochen (Moratorium). Dieser Zeitraum soll zur Klärung konzeptioneller und sicherheitstechnischer Fragestellungen genutzt werden, zu deren Beantwortung die weitere untertägige Erkundung nichts beitragen kann. Zurzeit werden im Erkundungsbergwerk Gorleben nur Maßnahmen und Arbeiten durchgeführt, die das Erkundungsbergwerk in einem betriebssicheren Zustand erhalten.

Eine Sicherheitsanalyse ist für Gorleben noch nicht durchgeführt worden. Insofern ist die Eignung des Standortes für die Endlagerung radioaktiver Abfälle noch nicht festgestellt worden. Nach Stand von Wissenschaft und Technik ist es erforderlich, dass die Sicherheitsbewertung eines Endlagers schrittweise erfolgt und maßgebend für die weitere Erkundung bzw. Festlegung des noch erforderlichen Forschungsbedarfs ist. Erst mit Hilfe einer vollständigen Sicherheitsanalyse, die auf die gestellten Sicherheitsanforderungen an ein Endlager ausgerichtet ist, kann festgestellt werden, in welchem Umfang weitere untertägige Erkundungen bzw. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erforderlich sind. Eine Alternativenprüfung würde die Arbeiten zu Gorleben nur unwesentlich verzögern, da eine vorläufige Sicherheitsbewertung auch ohne eine Alternativenprüfung erforderlich ist, bevor weitere zielgerichtete Erkundungen erfolgen können.

ZWISCHENLAGERUNG VON KERNBRENNSTOFFEN

Ansprechpartner:

Diethardt Hofer (030 18333-1700)

Bis zur Inbetriebnahme eines Endlagers sind radioaktive Abfälle sicher zwischenzulagern. Bestrahlte Brennelemente aus dem Betrieb von Forschungs- und Leistungsreaktoren werden in der Bundesrepublik Deutschland in

zentralen Zwischenlagern (Transportbehälterlager Ahaus, Transportbehälterlager Gorleben und die Zwischenlager Nord in der Nähe von Greifswald) sowie in dezentralen Zwischenlagern (AVR-Behälterlager Jülich und Zwischenlager an den Standorten der Kernkraftwerke) aufbewahrt. Im Jahr 2002 ist im Atomgesetz die Verpflichtung der Betreiber von Kernkraftwerken zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität festgelegt worden, an den Standorten der Kernkraftwerke für die Zwischenlagerung der aus dem Betrieb entstehenden bestrahlten Brennelemente Sorge zu tragen. Nur bis zum 30. Juni 2005 war die Abgabe von bestrahlten Brennelementen aus Anlagen zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität an eine Anlage zur Wiederaufarbeitung und damit der Transport von abgebrannten Brennelementen nach Frankreich bzw. Großbritannien möglich. Mit den derzeit in Bau und teilweise bereits in Betrieb befindlichen dezentralen Zwischenlagern wird erreicht, dass weitere Transporte in der Bundesrepublik Deutschland, etwa von den Kernkraftwerken in zentrale Zwischenlager, nicht erforderlich werden.

In Betrieb sind derzeit drei zentrale Zwischenlager und acht dezentrale Zwischenlager. Für die Genehmigung der Zwischenlager hat das BfS den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik zugrunde gelegt und dabei insbesondere auch die Ereignisse vom 11. September 2001 (gezielt herbeigeführter Absturz eines großen Passagierflugzeuges) berücksichtigt. Im Ergebnis ist festzuhalten, dass auch unterstellte Ereignisse wie der gezielt herbeigeführte Flugzeugabsturz nicht zu katastrophalen Auswirkungen führen, sondern dass die Schutzziele der Richtlinie zum Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD) eingehalten werden. Von den erteilten Genehmigungen sind noch zwei vor Gericht anhängig (Stand: März 2007).

Zentrale Zwischenlager

Die bestandskräftige Genehmigung für das Transportbehälterlager (TBL) 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 (RFR) in 323 kleineren CASTOR-Behältern auf weiteren Stellplätzen. Die Schwermetallmasse ist auf 3.960 t begrenzt. Ende 2006 waren 305 Behälter CASTOR THTR/AVR sowie drei Behälter CASTOR V/19, drei Behälter CASTOR V/52 und 18 Behälter CASTOR MTR 2, die Mitte 2005 von Rossendorf nach Ahaus transportiert worden sind, eingelagert.

Im Jahr 1983 wurde die Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen in einem Umfang von maximal 1.500 t Uran im Transportbehälterlager (TBL) 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 Jahr 2006 wurden 12 Behälter vom Typ CASTOR HAW 20/28 mit insgesamt 336 Glaskokillen von der COGEMA, La Hague (Frankreich), zum TBL Gorleben transportiert. Ende 2006 befanden sich damit insgesamt 80 Behälter im TBL Gorleben (fünf Behälter mit abgebrannten Brennelementen sowie 75 Behälter mit HAW-Glaskokillen).

Im Rahmen weiterer Änderungsverfahren wurde für das Transportbehälterlager Gorleben die Prüfung der Genehmigungsvoraussetzungen für den Behälter TN 85 für HAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken fortgesetzt. Der Behälter TN 85 der französischen AREVA NC (vormals COGEMA) ermöglicht eine höhere Wärmeleistung für die aufzubewahrenden Glaskokillen von maximal 56 kW gegenüber der bisher für die CASTOR-Behälter genehmigten Wärmeleistung von maximal 45 kW.

Die Rückführung der Glaskokillen nach Deutschland ist durch internationale Verträge der Bundesrepublik Deutschland mit der Republik Frankreich verbindlich festgeschrieben.

Im Zwischenlager Nord (ZLN) in der Nähe von Greifswald ist seit 1999 die Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen und sonstigen radioaktiven Stoffen aus dem ehemaligen Kernkraftwerk Greifswald und dem zugehörigen Zwischenlager für abgebrannten Brennstoff sowie aus dem früheren Kernkraftwerk Rheinsberg im Umfang von 585 t auf maximal 80 Behälterstellplätzen genehmigt. Ende 2006 befanden sich insgesamt 65 beladene Behälter im ZLN.

In einer Änderungsgenehmigung für das ZLN wurde am 17.02.2006 die Aufbewahrung von Behältern CASTOR 440/84 mit ergänzten Inventaren, von drei Behältern CASTOR KRB-MOX (u. a. mit Sonderbrennelementen) sowie von maximal 10 leeren, innen kontaminierten Behältern genehmigt. Damit ist der ursprüngliche Antragsumfang vollständig abgearbeitet und die Kernbrennstoffe aus den Anlagen in Rheinsberg und Greifswald können im ZLN zwischengelagert werden.

Folgende Änderungsanträge werden zurzeit geprüft:

- Aufbewahrung von vier Behältern der Bauart CASTOR KNK mit bestrahlten und unbestrahlten Brennstäben.
- Aufbewahrung von fünf Behältern der Bauart CASTOR HAW 20/28 CG einschließlich Inventar mit HAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (VEK-Kokillen).

Die Genehmigung zur Inbetriebnahme des Nasslagers am Standort des ehemaligen Kernkraftwerkes Greifswald (ZAB) vom 16.01.1986 in der Fassung der 16. Änderungsgenehmigung wurde am 30.06.2006 von der EWN GmbH zurückgegeben, nachdem die im ZAB aufbe-

wahrten Kernbrennstoffe in das ZLN überführt worden sind. Eine Genehmigung nach § 7 StrlSchV zum Zwecke der Stilllegung und des Abbaus des ZAB wurde von der zuständigen Landesbehörde erteilt. Hierdurch wurde der ursprünglichen Befristung der Genehmigung des ZAB Rechnung getragen. Damit ist das bundesdeutsche Konzept der trockenen Zwischenlagerung in Behältern einheitlich umgesetzt.

Dezentrale Zwischenlager

AVR-Behälterlager Jülich

Im 1993 genehmigten AVR-Behälterlager 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 Moderatorkugeln. Ende 2006 befanden sich 139 der insgesamt 158 beladenen Behälter im AVR-Behälterlager.

Zwischenlager an den Standorten der Kraftwerke

Bis Ende 2003 wurden die Anträge für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in 12 Zwischenlagern (Biblis, Brokdorf, Brunsbüttel, Grafenrheinfeld, Grohnde, Gundremmingen, Isar, Krümmel, Lingen, Neckarwestheim, Philippsburg und Unterweser) in einem ersten Genehmigungsschritt beschieden. In den Genehmigungsverfahren zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen wurden von den Antragstellern weitere Ergänzungen und Änderungen der Genehmigungen beantragt. Diese beziehen sich auf die Abfertigung der Transport- und Lagerbehälter und deren Inventare, Aspekte der Anlagensicherung und die Verlängerung der Geltungsdauer der Genehmigung für das Interimslager Philippsburg um ein Jahr. Im Jahr 2006 wurden nach Abschluss der entsprechenden Prüfungen insgesamt 9 Ergänzungs- bzw. Änderungsgenehmigungen erteilt. Außerdem wurde für das dezentrale Zwischenlager Krümmel im April 2006 der Sofortvollzug angeordnet. Der Antrag für das zunächst vom Betreiber des Kernkraftwerkes geplante Interimslager Brunsbüttel wurde zu Beginn des Jahres 2006 zurückgezogen.

Mit der ersten Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern sind im Jahr 2006 die dezentralen Zwischenlager an den Standorten Brunsbüttel (Februar), Grafenrheinfeld (Februar), Grohnde (April), Biblis (Mai), Gundremmingen (August), Krümmel (November) und Neckarwestheim (Dezember) in Betrieb gegangen. Die weiteren im Jahre 2003 genehmigten Zwischenlager an den Standorten der Kernkraftwerke Brokdorf, Isar, Philippsburg und Unterweser haben einen weit fortgeschrittenen Stand der Errichtung erreicht und werden voraussichtlich 2007 ihren Betrieb aufnehmen können. Die folgenden Abbildungen zeigen die Einlagerung des ersten Behälters im Standort-Zwischenlager Gundremmingen.

Seit dem 22.04.2005 liegt dem Bundesamt für Strahlenschutz ein Antrag der Kernkraftwerk Obrigheim GmbH zur Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen am Standort Obrigheim vor. Beantragt wurde die Lagerung

von insgesamt 342 bestrahlten Brennelementen aus dem Druckwasserreaktor des bereits im Mai 2005 stillgelegten Kernkraftwerkes Obrigheim. Die Brennelemente werden derzeit in einem bereits bestehenden externen Nasslager am Standort aufbewahrt. Da das externe Nasslager die geplanten Rückbauarbeiten des Kernkraftwerkes Obrigheim behindert, beabsichtigt die Antragstellerin auf dem Gelände des Kernkraftwerkes Obrigheim ein separates Standort-Zwischenlager mit trockener Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente in Behältern zu errichten und zu betreiben. Das Vorhaben der Antragstellerin sieht vor, insgesamt 15 Behälter mit den bestrahlten Brennelementen liegend unter einzelnen Umhausungen maximal 40 Jahre zu lagern.



Transport des Behälters auf dem Betriebsgelände zum Standort-Zwischenlager



Aufnahme des Behälters mit dem Hallenkran im Eingangsbereich

Das Bundesamt für Strahlenschutz prüft derzeit im Öffentlichkeitsbeteiligungsverfahren die auszulegenden Unterlagen (Kurzbeschreibung, Sicherheitsbericht, Umweltverträglichkeitsuntersuchung).



Einschleusen des Behälters aus der Wartungsstation in die Lagerhalle

Im Jahr 2006 wurden alle Klagen gegen die vom BfS erteilten Genehmigungen für die in Bayern gelegenen dezentralen Zwischenlager (Grafenrheinfeld, Gundremmingen und Isar) entschieden. Mit den Urteilen des Bayerischen Verwaltungsgerichtshofs vom Januar 2006 wurden alle Klagen in erster Instanz abgewiesen. Die Revision gegen diese Entscheidungen wurde nicht zugelassen. Hiergegen legten die Kläger Nichtzulassungsbeschwerden ein, die das Bundesverwaltungsgericht im August 2006 zurückwies. Insoweit haben die Gerichte bestätigt, dass die Genehmigungen des BfS entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik erteilt wurden. Gegen den Beschluss des Bundesverwaltungsgerichts hat ein Teil der Kläger im September 2006 Verfassungsbeschwerde beim Bundesverfassungsgericht in Karlsruhe eingelegt. Zwei weitere Klageverfahren gegen die dezentralen Zwischenlager in Norddeutschland (Unterweser und Grohnde) sind noch in erster Instanz rechtshängig. Die Klagen gegen die Aufbewahrungsgenehmigungen für die Standort-Zwischenlager Krümmel und Brunsbüttel wurden im Januar 2007 vom Schleswig-Holsteinischen Oberverwaltungsgericht abgewiesen. Die Revision gegen die Entscheidungen wurde jedoch zugelassen, um eine Überprüfung durch das Bundesverwaltungsgericht zu ermöglichen. Gegenstand der Rechtsstreitigkeiten ist vor allem der Schutz gegen Einwirkungen Dritter, wie zum Beispiel der Beschuss eines Transport- und Lagerbehälters mit panzerbrechenden Waffen.

TRANSPORTE VON RADIOAKTIVEN STOFFEN UND KERNBRENNSTOFFEN

Ansprechpartner:

Frank Nitsche (030 18333-1770)

Das BfS ist auf dem Gebiet des Transports von radioaktiven Stoffen und Kernbrennstoffen die zuständige Bundesbehörde zur Erteilung von Beförderungsgenehmigungen gemäß § 4 Atomgesetz (Beförderung von Kernbrennstoffen) und § 16 Strahlenschutzverordnung (Beförderung von Großquellen) für alle Verkehrsträger. Gemäß Gefahrgutbeförderungsgesetz und den darauf beruhenden Verordnungen ist das BfS außerdem zuständig für die Erteilung von verkehrsrechtlichen Beförderungsgenehmigungen sowie die Zulassung und Anerkennung von Transportbehältern.

Ein wesentlicher Schwerpunkt der Zulassungsverfahren 2006 war der Abschluss der mehrjährigen, umfassenden sicherheitstechnischen Begutachtung des französischen Transport- und Lagerbehälters der neuen Bauart TN 85 und dessen verkehrsrechtliche Zulassung durch das BfS. Behälter dieser Bauart sollen für die Beförderung von hochradioaktiven Glaskokillen (HAW-Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung in das Transportbehälterlager Gorleben eingesetzt werden. Der TN 85 gestattet gegenüber den bisher eingesetzten Behältern der Bauart CASTOR HAW 20/28 CG die Beförderung von Glaskokillen mit höherer Wärmeleistung.

Entsprechend den in den gefahrgutrechtlichen Vorschriften festgelegten Zuständigkeiten wurde die sicherheitstechnische Begutachtung des TN 85 hinsichtlich der mechanischen und wärmetechnischen Auslegung, der Dichtheit und Qualitätssicherung durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM, www.bam.de) und hinsichtlich der Strahlungsabschirmung, der Kritikalitätssicherheit und der Inhaltsspezifikation durch das BfS vorgenommen. Auf der Grundlage von Modellversuchen, Berechnungsverfahren und Ähnlichkeitsbetrachtungen wurde die Erfüllung aller sicherheitstechnischen Anforderungen durch den Antragsteller nachgewiesen, so dass am 14. März 2006 für den TN 85 die verkehrsrechtliche Zulassung als Versandstückmuster vom Typ B(U)F-96 durch das BfS erteilt werden konnte.

Für den Transport der verglasten hochradioaktiven Abfälle (HAW-Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague/Frankreich in das zentrale Zwischenlager Gorleben im Jahr 2006 wurde am 05.05.2006 für 12 Transportbehälter vom Typ CASTOR HAW 20/28 CG die Genehmigung nach § 4 AtG vom BfS erteilt. Der Transport wurde vom 11. bis 13. November durchgeführt.

Weitere Genehmigungen nach § 4 AtG wurden für die Versorgung von Forschungsreaktoren in Berlin, Geesthacht und Garching mit unbestrahlten Materialtestreaktor-Brennelementen (MTR) sowie für den Abtransport von bestrahlten MTR-Brennelementen aus dem Forschungsreaktor Jülich in die USA erteilt. Ein weiterer

Schwerpunkt war das Genehmigungsverfahren für den Abtransport von Restbeständen an hochangereicherten unbestrahlten Brennstoffen aus dem Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V. nach Russland im Rahmen eines internationalen Entsorgungsjahrsprojekts unter Beteiligung der Internationalen Atomenergie-Organisation, der USA und Russlands. Die Beförderungsgenehmigung für den beantragten Straßen- und Lufttransport wurde am 30. November 2006 erteilt. Der Transport wurde am 18. Dezember 2006 störungsfrei abgewickelt.

Die eingesetzten Transportbehälter sind nach internationalen Richtlinien für den Straßen- und Lufttransport zugelassen. Bei der Prüfung der Zulassungsvoraussetzungen durch das BfS wurde auch nachgewiesen, dass selbst bei einem Flugzeugabsturz das zu transportierende Inventar nicht kritisch wird und der erforderliche Schutz der Bevölkerung gegenüber eventuellen radiologischen Auswirkungen gegeben ist.



Der französische Transport- und Lagerbehälter der neuen Bauart TN 85 (Quelle: Areva - TN International)

Die Vorbereitung der im Zusammenhang mit der Stilllegung kerntechnischer Anlagen künftig notwendigen Abtransporte von kontaminierten und/oder bestrahlten Großkomponenten (z. B. Dampferzeuger, Reaktor Druckgefäß) ergab 2006 neue Aufgabenstellungen für das BfS als Genehmigungsbehörde für die Erteilung der erforderlichen verkehrsrechtlichen Beförderungsgenehmigungen. So wurden Vorprüfungen durchgeführt, um die Anforderungen an Art und Umfang der von den Antragstellern einzureichenden Prüfunterlagen zu spezifizieren.

Die im Jahr 2005 vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS, www.bmvbs.de) als neues Beratungsgremium gegründete „Arbeitsgruppe

Klasse 7“ des Gefahrgutverkehrsbeirats hat unter der Leitung des BfS ihre Arbeit im Jahr 2006 fortgesetzt. Dabei wurden insbesondere Vorschläge zur Regelwerksfortentwicklung auf dem Gebiet des Gefahrgutbeförderungsrechts erarbeitet, die dann als Stellungnahmen Deutschlands in die Arbeit der internationalen Expertengremien bei der IAEA und den Vereinten Nationen (UN) zur Weiterentwicklung der IAEA-Transportempfehlungen TS-R-1 und der UN-Empfehlungen zur Beförderung gefährlicher Güter der Klasse 7 „Radioaktive Stoffe“ eingeflossen sind.

Auf internationalem Gebiet setzte die IAEA die kontinuierliche Überprüfung Ihrer Empfehlungen zum sicheren Transport radioaktiver Stoffe TS-R-1 (2005) in einem zweijährigen Zyklus fort. Im Ergebnis ergab sich nur ein geringfügiger Änderungsbedarf, so dass die IAEA die Veröffentlichung einer neuen Ausgabe der TS-R-1 im Jahr 2007 nicht vornehmen wird, sondern beabsichtigt, voraussichtlich 2009 mit bis dahin

erarbeiteten weiteren Änderungen eine neue Ausgabe der TS-R-1 zu veröffentlichen. Parallel dazu haben die IAEA und die Vereinten Nationen (UN-Subkomitee zum Transport gefährlicher Güter, Genf) vereinbart, die Regelungen zum Transport radioaktiver Stoffe weiter zu harmonisieren. Entsprechende Spezialistentreffen haben 2006 stattgefunden.

Hervorzuheben ist weiterhin die Fertigstellung des IAEA-Dokuments „Management Systems for the Safe Transport of Radioactive Material“. Es stellt die Weiterentwicklung des im Jahr 1994 von der IAEA als Safety Series No. 113 veröffentlichten Dokuments „Quality Assurance for the Safe Transport of Radioactive

Material“ dar und dient als Unterstützung für die am Transport radioaktiver Stoffe beteiligten Personen bzw. Unternehmen zur Erarbeitung der erforderlichen qualitätssichernden Maßnahmen. Eine Veröffentlichung ist für das Jahr 2007 als TS-G-1.3 (Safety Standard Series) durch die IAEA vorgesehen. An allen vorgenannten Aktivitäten hat das BfS im Jahr 2006 mitgearbeitet.

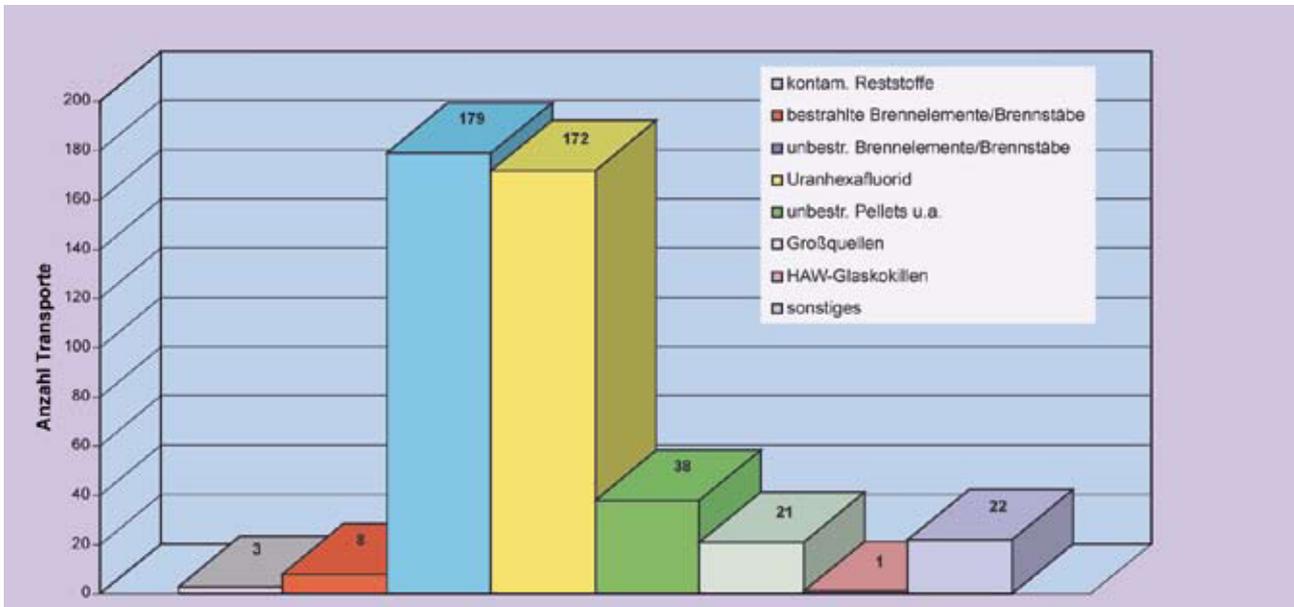
Im Jahre 2006 wurden insgesamt 134 Beförderungsgenehmigungen (Einzel-, Mehrfach- und allgemeine Genehmigungen) für Kernbrennstoffe und Großquellen erteilt. Informationen über die vom BfS erteilten Beförderungsgenehmigungen werden auf den Internetseiten des BfS veröffentlicht.

2006 wurden 21 Transporte von Großquellen und 423 Transporte von Kernbrennstoffen durchgeführt. Die Anzahl der Kernbrennstofftransporte lässt sich im Detail folgendermaßen aufschlüsseln (siehe Tabelle rechts):

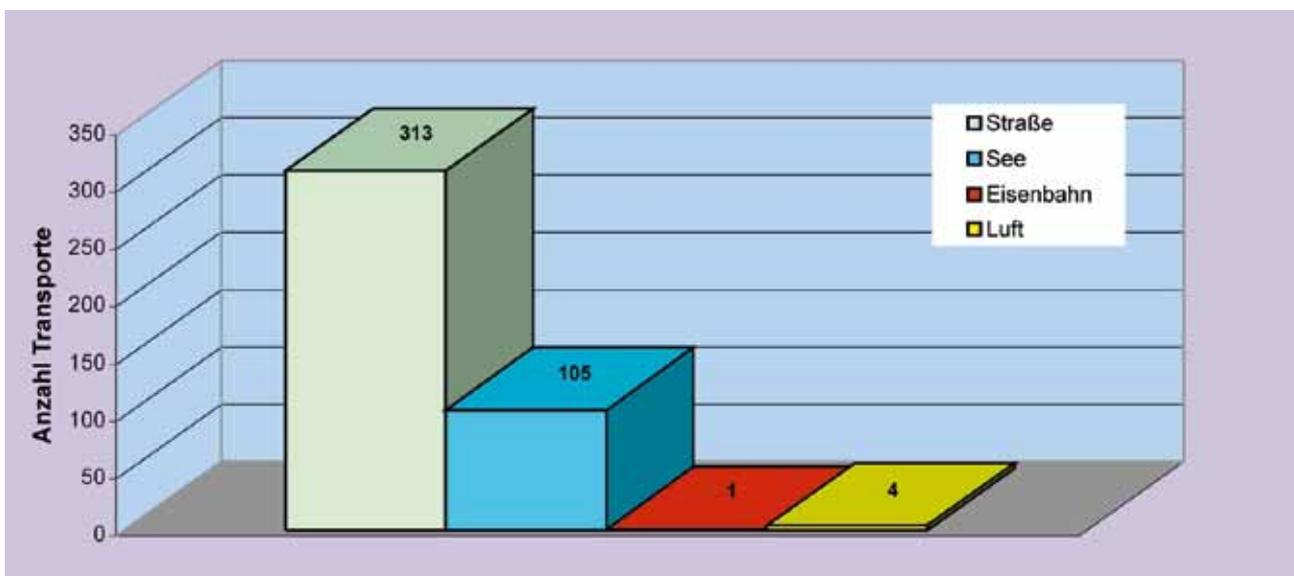
In den nachfolgenden Grafiken sind die Anzahl der Kernbrennstoff- und Großquellentransporte in Abhängigkeit vom transportierten Material sowie die Anzahl der Kernbrennstofftransporte in Abhängigkeit vom Verkehrsträger enthalten.

Das BfS hat 15 Versandstückmusterzulassungen und 14 Anerkennungen ausländischer Zulassungen für Transportbehälter sowie drei verkehrsrechtliche Beförderungsgenehmigungen nach Prüfung der gefahrgutrechtlichen Anforderungen erteilt.

Inlandtransporte	
Schiene/ bestrahltes Material	0
Schiene/ Reststoffe und Abfall	0
Straße/ unbestrahltes Material	79
Straße/ bestrahltes Material	0
Straße/ Reststoffe und Abfälle	0
Grenzüberschreitende Transporte	
Luft/ unbestrahltes Material	4
Luft/ bestrahltes Material	0
See/ unbestrahltes Material	100
See/ bestrahltes Material	2
See/ Reststoffe und Abfälle	3
Schiene/ unbestrahltes Material	0
Schiene/ bestrahltes Material	0
Schiene/ Reststoffe und Abfall	1
Straße/ unbestrahltes Material	215
Straße/ bestrahltes Material	19
Straße/ Reststoffe und Abfälle	0



Transporte in Abhängigkeit vom transportierten Material



Kernbrennstofftransporte in Abhängigkeit vom Verkehrsträger

SICHERHEIT IN DER KERntechnik

INFORMATIONSSYSTEM STILLLEGUNG - NEUE DATENBANK UNTERSTÜTZT BUNDESAUFSICHT

Ansprechpartner:

Bernd Rehs (030 18333-1547)

Die Stilllegung kerntechnischer Anlagen (Leistungs- und Prototypreaktoren, Forschungsreaktoren und Anlagen der nuklearen Ver- und Entsorgung) ist insbesondere vor dem Hintergrund des Ausstiegs aus der Kernenergienutzung eine wachsende Aufgabe.

Die Genehmigung und Aufsicht über kerntechnische Anlagen und deren Stilllegung erfolgt in Deutschland durch die Bundesländer (im Rahmen der Bundesauftragsverwaltung). Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit übt die Rechts- und Zweckmäßigkeitssaufsicht über den Vollzug des Atom- und Strahlenschutzrechts durch die Bundesländer aus. Bei dieser Bundesaufsicht unterstützt das BfS das BMU fachlich z. B. durch das „Informationssystem Stilllegung“. Dieses System basiert auf anlagen- und genehmigungsspezifischen Unterlagen (z. B. Anträge, Genehmigungsbescheide, Sicherheitsberichte und Datenblätter), die in einer Datenbank erfasst werden.

Durch die erforderliche öffentliche Bekanntmachung und Auslegung von Antragsunterlagen wird dem Informationsbedürfnis der Öffentlichkeit Rechnung getragen. Das Fortgelten der Betriebsgenehmigung bis zum Erteilen einer Stilllegungsgenehmigung erhält den sicheren Nachbetrieb der Anlage aufrecht.

Um Fragen, die sich für die Bundesaufsicht stellen, schnell und kompetent beantworten zu können und um jederzeit den aktuellen Status der Anlagen abbilden zu können, wurde das „Informationssystem Stilllegung“ des BfS von einem Papierarchiv mit Datenbankunterstützung sukzessive zu einem datenbankgestützten Volltextinformationssystem mit Webinterface (Datenbank „Stillgelegte Anlagen – STAN“) weiterentwickelt. Zentrale Bereiche der Datenstruktur sind Angaben zu den Anlagen und den ihnen zugeordneten Dokumenten. Eine genaue Beschreibung der Dokumente durch Metadaten (Titel, Inhalt, Verfasser, Deskriptoren u. a.) ermöglicht eine exakte Eingrenzung der gesuchten Dokumente. Die Umsetzung mit einem Webinterface ermöglicht die Nut-

Nr.	Anlage	Titel	Datum	Dokument	Status
1022	AVR	Bescheid 7/15 (5E) AVR vom 09.11.2004. 5. Veränderungsgenehmigung nach § 7 Abs. 3 ASt zum Bescheid 7/15 AVR für das Versuchskernkraftwerk AVR in Jülich	09.11.2004	DOX01822.pdf1288.kb	Freigegeben
1363	AVR	4. Ergänzung zum Bescheid Nr. 7/15 AVR (Bescheid Nr. 7/15 (4B)AVR)	07.03.2002	DOX01263.pdf1184.kb	Freigegeben
1117	AVR	Abbau und sicherer Einschluß, Bescheid Nr. 7/15 (5E) AVR 3-6543 AVR	14.02.2000	DOX01117.pdf1270.kb	Freigegeben
909	AVR	Bescheid Nr. 7/15 (2E) AVR; Behr. zulässige Anlagen, Anlagen-Auflage zur Beschreibung der Zerlegung und der hierbei zu verwendenden Hilfsmittel, des Abbaus und der Entsorgung, 3. Auflagen-Auflage zur Beschreibung der Zerlegung und der hierbei zu verwendenden Hilfsmittel, des Abbaus und der Entsorgung, 3.	25.08.1998	DOX00909.pdf127.kb	Freigegeben

Vom Suchformular über die Ergebnisliste zum Volltextdokument

zung auch durch das BMU und die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS).

Das Dokumentenformular ist in der Abbildung auf Seite 36 dargestellt. Über eine Suchfunktion kann eine Dokumentenliste ausgegeben werden, die dann Verknüpfungen zu den Volltexten enthält. Die Volltextdokumente sind Ablichtungen der entsprechenden Papierdokumente, die einer Texterkennung unterworfen wurden und damit auch im Volltext durchsuchbar sind. Neuere Dokumente liegen oft im elektronischen Format vor und können direkt in die Datenbank eingespeist werden.

Derzeit sind ca. 2200 Dokumente in der Datenbank abgelegt. Davon liegen rund 550 als Volltext vor. Bei den Genehmigungen beträgt der Erfassungsgrad derzeit ca. 70 %. Die weitere Entwicklung sieht eine Einbindung zusätzlicher, zurzeit noch getrennt verwalteter Informationen in die Datenbank vor. Dies sind u. a. Statusinformationen sowie Angaben zu den jährlichen radioaktiven Emissionen und der Strahlenbelastung des Personals.

Mit der Datenbank stellt das BfS dem BMU ein Hilfsmittel zur Verfügung, um Fragestellungen der Bundesaufsicht bei der Stilllegung kerntechnischer Anlagen schnell und effizient bearbeiten zu können. Damit wird der wachsenden Bedeutung der Stilllegungsverfahren Rechnung getragen.

INTERNATIONALER STAND DER ANWENDUNG PERIODISCHER SICHERHEITSÜBERPRÜFUNGEN

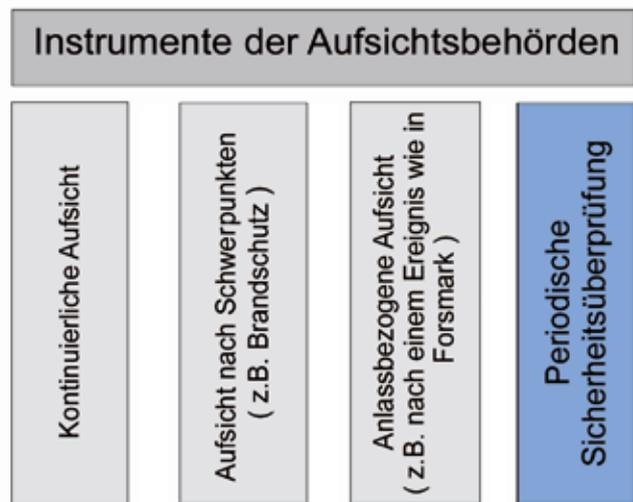
Ansprechpartner:

Heinz-Peter Berg (030 18333-1501)

Aus den Erfahrungen mit dem Reaktorunfall in Tschernobyl wurde nach der Diskussion der notwendigen Sicherheitskultur für den Betrieb von Kernkraftwerken Anfang 1990 auch über ein weiteres Instrument als Ergänzung zur laufenden Aufsichtstätigkeit nachgedacht, nämlich eine ganzheitliche und systematische sicherheitstechnische Beurteilung eines Kernkraftwerks unter Berücksichtigung der kraftwerksspezifischen Betriebserfahrung über einen längeren Zeitraum einzuführen (siehe rechts oben).

So wurde zeitgleich Anfang der 90er Jahre in der IAEA, der Europäischen Kommission und der OECD die Idee einer periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) entwickelt. Dabei konnte auf erste praktische Erfahrungen, z. B. aus Großbritannien, und auf Konzeptentwürfe, z. B. aus Deutschland, zurückgegriffen werden.

Der Leitfaden (Safety Guide) der IAEA aus dem Jahr 1994 hat die notwendigen Anforderungen und zu untersuchenden Themenbereiche in Form von Sicherheitsfaktoren (z. B. Alterung, Auswertung von Erfahrungen anderer Kernkraftwerke weltweit, Vergleich der aktuellen Betriebsparameter der Anlage wie Druck und Tempera-



Instrumente der Behörden für die Aufsicht über Kernkraftwerke

tur mit den der Auslegung zugrunde gelegten) definiert, die Verwendung von deterministischen und probabilistischen Methoden empfohlen und bei der Durchführung der PSÜ eine Zwischenbewertung des Sicherheitsniveaus der Anlage eingeführt, um ggf. kurzfristig Abhilfemaßnahmen ableiten und implementieren zu können oder die Abschaltung der Anlage zu veranlassen.

Inzwischen sind weltweit viele periodische Sicherheitsüberprüfungen durchgeführt worden (z. T. aufgrund gesetzlicher Grundlagen, z. T. auf freiwilliger Basis), so z. B. in Spanien und Belgien, die sich ansonsten stark am amerikanischen Regelwerk orientieren.

Auch ursprünglich der PSÜ eher zurückhaltend gegenüberstehende Länder, wie z. B. Japan, sehen inzwischen die PSÜ als ein wichtiges Instrument zur Beurteilung der Sicherheit sowohl durch den Betreiber als auch durch die Behörden an.

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

Aufgrund der Erfahrungen mit durchgeführten periodischen Sicherheitsüberprüfungen wurde der IAEA-Leitfaden überarbeitet und im August 2003 neu herausgegeben.

Da PSÜ auch in den Ländern Osteuropas und Asiens (Korea, China) durchgeführt werden und dabei der IAEA-Leitfaden als Referenzdokument angesehen wird, ist eine möglichst klare und spezifizierte Anleitung und eine Festlegung des notwendigen Prüfungsumfanges erforderlich, der in einem Technischen Dokument (TECDOC) ausführlicher dargestellt werden soll.

Die Arbeiten im Rahmen der Erstellung des TECDOC haben gezeigt, dass der Safety Guide, obwohl erst drei Jahre alt, überarbeitungsbedürftig ist, insbesondere im Hinblick auf die Öffnung des Dokuments für andere Ansätze als die oben beschriebene Sicherheitsfaktormethode und die Durchführung einer 2. und weiterer periodischer Sicherheitsüberprüfungen, in denen möglicherweise andere Schwerpunkte gesetzt werden. So ist z. B. in der ersten PSÜ ein wesentlicher Faktor bei vielen Anlagen die Vervollständigung der Anlagendokumentation gewesen. Außerdem ist nicht die Periodizität der Sicherheitsüberprüfung das entscheidende Merkmal, sondern die integrale, umfassende Sicherheitsüberprüfung aller sicherheitsrelevanten Aspekte für den sicheren Betrieb der Anlage zu einem bestimmten Zeitpunkt.

Die Teilnahme Deutschlands an den PSÜ-Aktivitäten ist für die IAEA insofern von besonderer Bedeutung, da für alle Kraftwerke in Deutschland die ersten PSÜ vorliegen und diese nach eigenen Leitfäden – anders strukturiert und spezifizierter als die IAEA-Leitfäden – durchgeführt wurden.

Für das BfS sind die praktischen Erfahrungen der anderen Teilnehmer für die eigenen Arbeiten, z. B. bei der Aktualisierung der Dokumente für die deterministische Sicherheitsanalyse, von Bedeutung.

Im Jahr 2006 war das BfS an drei Aktivitäten der IAEA auf dem Gebiet der PSÜ beteiligt. Es wurde an einer Mission in der Ukraine mitgewirkt, um den ersten Entwurf eines ukrainischen Leitfadens zu überprüfen und Vorschläge zur Überprüfung dieses Leitfadens zu formulieren.

Weiterhin wurde das BfS zu einer Arbeitsgruppe von insgesamt vier Experten eingeladen, um eine weitere Überarbeitung des PSÜ-Leitfadens einzuleiten sowie erste Textvorschläge für Änderungen im bestehenden Leitfaden vorzuschlagen.

Die Ergebnisse dieses Expertentreffens wurden im Rahmen eines Technischen Meetings (8. - 10. November 2006) unter Leitung des BfS fortgesetzt, und die Ergebnisse dieses Meetings sollen in die Überarbeitung des IAEA-Leitfadens zur PSÜ einfließen, die 2007 fortgesetzt wird. Dabei wurde die Anregung des Expertentreffens, eine PSÜ nicht nur für Kernkraftwerke, sondern für alle kerntechnischen Anlagen durchzuführen und insofern den Leitfaden zu erweitern, vom Technischen Meeting nicht unterstützt. Die IAEA wurde aber gebeten, die bisherigen Erfahrungen der Mitgliedsländer zu sammeln und als Startpunkt für weitere Arbeiten zu veröffentlichen.

SCHUTZ VOR IONISIERENDER UND NICHTIONISIERENDER STRAHLUNG

GESUNDHEITLICHE FOLGEN DES UNFALLS VON TSCHERNOBYL

Bericht über ein Fachgespräch im November 2006 im BfS mit Wissenschaftlern aus den am höchsten betroffenen Ländern und aus internationalen Fachgremien

Ansprechpartner:

Bernd Grosche (030 18333-2250)

Im Vorfeld des 20. Jahrestags des Reaktorunfalls in Tschernobyl wurden sehr unterschiedliche Zahlen über die auf Grund der zusätzlichen Strahlenexposition zu erwartenden Krebstodesfälle publiziert. Dies war sowohl für die Wissenschaft als auch die Öffentlichkeit und in den Medien Anlass für kontroverse Diskussionen.

Die folgende Tabelle fasst einige der Abschätzungen zusammen:

the Environment (Literaturstelle: Fairlie, I. and D. Sumner, The other report on Chernobyl (TORCH). An independent scientific evaluation of health and environmental effects 20 years after the nuclear disaster providing critical analysis of a recent report by the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the World Health Organisation (WHO). 2006, The Greens EFA in the European Parliament: Berlin, Brussels, Kiev) und Greenpeace (Literaturstelle: Yablokov, A., I. Labunskaja, and I. Blokov, The Chernobyl Catastrophe. Consequences on Human Health, Greenpeace, Editor. 2006, Greenpeace: Amsterdam).

Neben den Autoren der Berichte wurden weitere Wissenschaftler aus den drei am meisten betroffenen Staaten (Russische Föderation, Ukraine und Weißrussland) und von internationalen Fachgremien (UNSCEAR, ICRP), der Strahlenschutzkommission (SSK) sowie der National Academy of Science, Weißrussland, des National Cancer Institute (USA), der Physicians of Chernobyl (Ukraine), der Russian Academy of Medical Sciences

Veröffentlicht durch	IARC	Chernobyl Forum	TORCH	Greenpeace
Betrachtete Bevölkerungsgruppe	Europa	hoch kontaminierte Gebiete, Liquidatoren	Welt	alle betroffenen Länder
Krebstodesfälle	25.000 (11.000 – 59.000)	9.000*	30 – 60.000	93.000
Schilddrüsenkrebs-erkrankungen	16.000		18 – 66.000 (in Weißrussland)	137.000

* In der entsprechenden Pressemitteilung der IAEA wurde von 4.000 gesprochen

Das BfS führte auf Grund der sehr unterschiedlichen Veröffentlichungen am 09./10.11.2006 ein Fachgespräch durch, um die wissenschaftlichen Grundlagen der unterschiedlichen Abschätzungen zu diskutieren. Diese vom BfS angebotene internationale Diskussionsplattform wurde von allen Teilnehmern umfassend angenommen und genutzt. Die Diskussionen waren offen und konstruktiv.

Folgende Organisationen, die Berichte mit Risikoabschätzungen veröffentlicht hatten, waren auf der Veranstaltung vertreten: International Agency for Research on Cancer (IARC, Literaturstelle: Cardis, E., et al., Cancer consequences of the Chernobyl accident: 20 years on. J Radiol Prot, 2006. 26(2): p. 127-40.), Chernobyl Forum (Literaturstelle: The Chernobyl Forum: 2003 - 2005 – Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts and Recommendation to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine (Second revised version). 2005, IAEA, WHO and others: Vienna Geneva.), Consultants on Radiation in

(Russland), der Russian Academy of Science (Russland) sowie der Universität Kuopio (Finnland) eingeladen. Eine vollständige Teilnehmerliste, das Programm und das Protokoll des Workshops können unter http://www.bfs.de/ion/papiere/Tscherno_Workshop06.pdf eingesehen werden.

Es wurden drei Themen auf dem Workshop behandelt:

Grenzen und Anwendbarkeit der Kollektivdosis und der LNT als Grundlage der Risikoabschätzungen

Die LNT (linear non-threshold theory) besagt, dass es einen linearen Zusammenhang zwischen der Strahlenexposition und dem Krebsrisiko bis hinein in den Bereich niedriger Dosen gibt. Die Kollektivdosis (die Summe der Einzeldosen aller Personen in einer untersuchten Population) ist ein Expositionsmaß für eine exponierte Bevölkerung. Es wurde die Frage gestellt, ob die Kollektivdosis ein zulässiges Verfahren zur Abschätzung des gesundheitlichen Risikos in der Bevölkerung ist.

Abschätzung des zusätzlichen Krebsrisikos

Es wurden die im Zusammenhang mit dem 20. Jahrestag von Tschernobyl veröffentlichten Risikoabschätzungen detailliert dargestellt und die für die jeweilige Abschätzung herangezogenen Grundlagen diskutiert.

Ergebnisse aus den drei betroffenen Staaten – Tumoren und andere Effekte

Anhand der präsentierten Daten durch die Fachleute aus den betroffenen Staaten konnte ein detaillierter Einblick in die derzeitige Erkenntnislage über gesundheitliche Effekte in den drei betroffenen Staaten gewonnen werden.

Zu jedem Tagesordnungspunkt gab es vier Vorträge und eine intensive Diskussion. In der abschließenden Diskussion wurden die Ergebnisse zusammengefasst und gemeinsame Empfehlungen erarbeitet. Die Teilnehmer zogen folgende Schlussfolgerungen:

Allgemeine Schlussfolgerungen

Die Anwendung der LNT ist grundsätzlich gerechtfertigt, um Entscheidungen im Strahlenschutz zu treffen. Die Möglichkeiten, sie auch für Risikoabschätzungen zu nutzen, wurden unterschiedlich bewertet. Ein Teilnehmer wies darauf hin, dass die Dosis-Wirkungs-Beziehung im Bereich niedriger Dosen zunächst einem nichtlinearen Verlauf des Risikos folgen könnte.

Die Kollektivdosis wird unter Beachtung von speziellen Rahmenbedingungen als mögliches Instrument zur Risikoabschätzung in Bevölkerungsgruppen angesehen. Auf Grund der großen Unsicherheiten bezüglich der Abschätzung der Expositionshöhe und -verteilung sind aber für die Abschätzung des Risikos keine Punktschätzer anzugeben, sondern vielmehr eine Bandbreite, die die Größenordnung und die Schwankungsbreite des Risikos wiedergibt. Zum Zwecke der besseren Einordnung der Ergebnisse der Risikoabschätzungen sollten jeweils auch Basisinformationen angegeben werden, z. B. über das spontane Krebsrisiko oder die durch die natürliche Strahlenexposition in einer Bevölkerungsgruppe verursachte Kollektivdosis.

Eine Verbesserung der Dosisabschätzungen auf individueller Basis ist dringend notwendig. Sie hat unmittelbare Auswirkung auf die Qualität der abgeleiteten Risikoangaben.

Wann immer möglich, sollten für Risikoabschätzungen Erkrankungsfälle und nicht Todesfälle herangezogen werden. Voraussetzung hierfür sind Angaben aus nationalen oder regionalen Krebsregistern.

Erkenntnisse aus den Berichten der drei am meisten betroffenen Staaten

Die Zahl der Schilddrüsenkrebskrankungen nimmt nach wie vor zu, wobei dieser Anstieg heute Erwachsene betrifft, die zum Unfallzeitpunkt im Kindes- oder Jugendalter waren. Einzelne Studien an so genannten Liquidatoren konnten eine erhöhte Leukämierate nachweisen. Aus den am höchsten exponierten Regionen innerhalb der drei am höchsten exponierten Länder gibt es Hinweise auf ein erhöhtes Auftreten von Brust-

krebs bei Frauen. Um diese Strahlenwirkungen besser beschreiben zu können, sollten adäquate epidemiologische Studien initiiert werden. Bezüglich der Herz-Kreislauf-Erkrankungen ist eine Fortsetzung der Kohortenstudien bei den Liquidatoren notwendig. Hierbei ist es wichtig, neben der Dosis auch die Dosisrate (Exposition pro Zeiteinheit) zu berücksichtigen. Es gibt erste Hinweise darauf, dass es nach akuten höheren Expositionen vermehrt zu Krankheitsfällen durch Veränderungen der Blutgefäße des Gehirns gekommen ist. Aus den am meisten betroffenen Ländern werden vereinzelt erhöhte Fehlbildungsraten berichtet, ohne dass bisher erkennbar ist, ob es sich um Einzelfälle oder um eine systematische Erhöhung handelt. Untersuchungen zu angeborenen Fehlbildungen sollten durchgeführt werden, falls eine verlässliche Datenbasis vorhanden ist. Mit epidemiologischen Studien zu Katarakten (Augenlinsentrübungen) sollte begonnen werden. Hier gibt es deutliche Hinweise aus Studien an Liquidatoren, dass Katarakte auch bei niedrigeren Dosen als bisher angenommen auftreten können.

Empfehlungen

Die Teilnehmer sprachen eine Reihe von Empfehlungen aus, die nachfolgend dargestellt werden:

- Bezüglich der Kollektivdosis sollte die Anwendung einer Expositionsmatrix, wie sie die ICRP vorschlagen wird, geprüft werden. Nur so lassen sich Streuungen der Exposition in Raum und Zeit fachlich sinnvoll in der Abschätzung der Kollektivdosis abbilden.
- Die Teilnehmer äußern nachdrücklich den Wunsch, dass die European Childhood Leukaemia and Lymphoma Incidence Study (ECLIS) von der International Agency for Research on Cancer (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zu Ende geführt und publiziert wird.
- Aus den drei am meisten betroffenen Staaten wurden viele Aussagen zu beobachteten gesundheitlichen Effekten gemacht. Die internationale wissenschaftliche Gemeinschaft sollte diese auf Plausibilität prüfen. Eine pauschale Zurückweisung der Beobachtungen als nicht begründet ist fachlich nicht gerechtfertigt.
- Ergebnisse aus den betroffenen Regionen könnten ein höheres Gewicht bekommen, wenn es gelänge, die Daten aus den drei Ländern zusammenzufassen und gemeinsam zu analysieren. Auf diese Weise könnte es gelingen, die für die Analysen epidemiologischer Studien notwendige statistische Power (Stichprobenumfang) zu erzielen.
- Zukünftige epidemiologische Untersuchungen sollten nur durchgeführt werden, wenn die statistische Aussagekraft genügend groß ist und andere Einflussgrößen außer der Strahlung, insbesondere die signifikanten Veränderungen im allgemeinen Gesundheitsstatus und weitere soziale und wirtschaftliche Veränderungen in den drei am meisten betroffenen Ländern adäquat berücksichtigt werden können.

DAS DEUTSCHE MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMM IN DER SCHLUSSPHASE

Ansprechpartner:

Rüdiger Matthes (030 18333-2140)

Ziel des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF) ist es, die wissenschaftlichen Unsicherheiten in der Risikobewertung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern zu verringern. Das DMF unterstützt das internationale EMF-Projekt der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Damit liefert das BfS als WHO-Kooperationszentrum einen wesentlichen Beitrag zur ganzheitlichen Risikobewertung von hochfrequenten Feldern.

Seit 2002 werden in mehr als 50 Projekten mögliche gesundheitliche Auswirkungen von Mobilfunkfeldern auf Mensch und Tier untersucht sowie die Feldintensitäten ermittelt, die beim Einsatz der neuen Telekommunikationstechnologien entstehen. Erstmals wurden in einem nationalen Forschungsprogramm auch gesellschaftliche Aspekte im Bereich der Risikokommunikation berücksichtigt.

Im Sommer 2006 begann die Abschlussphase des Programms. Die Ergebnisse werden in fünf themenspezifischen Fachgesprächen des BfS der nationalen und internationalen Fachöffentlichkeit vorgestellt und diskutiert. Wesentliches Ziel ist die Einordnung der Ergebnisse in das wissenschaftliche Gesamtbild.

Den Auftakt bildete im Juli 2006 das internationale Fachgespräch zu Resultaten der weitgehend abgeschlossenen Projekte aus dem Forschungsbereich „Dosismetrie“. In insgesamt 19 Dosismetrie-Untersuchungsvorhaben wurden einerseits die im Alltag vorhandenen Expositionen der allgemeinen Bevölkerung durch elektromagnetische Felder systematisch untersucht. Auf der anderen Seite wurden physikalisch und ingenieurwissenschaftlich hochwertige Versuchseinrichtungen entwickelt, die für die Durchführung biologischer Experimente mit Zellkulturen und Versuchstieren im Rahmen des DMF zur Verfügung gestellt wurden. Es wurde das gesamte Spektrum technischer Anwendungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder abgedeckt, d. h. neben der Mobilfunktechnologie auch die Exposition durch andere Funktechnologien (z. B. digitaler Rundfunk und Fernsehen, drahtlose Netzwerkverbindungen (WLAN), schnurlose Festnetz-Telefone nach dem DECT-Standard (DECT: Digitale, verbesserte schnurlose Telekommunikation)). Insgesamt wird dem Programm von den nationalen und internationalen Experten ein hohes Maß an Professionalität und Transparenz bescheinigt.

Die Diskussion zeigte, dass durch das DMF eine Reihe von Wissenslücken geschlossen werden konnten. So kann z. B. die Aufnahme und Verteilung elektromagnetischer Energie im Körper und die Exposition der Bevölkerung im Alltag besser bestimmt werden, als

dies bisher möglich war. Es wurde angeregt, in zukünftige Untersuchungen insbesondere komplexe Expositionsszenarien, vor allem auch an Arbeitsplätzen, einzubeziehen. Neue Technologien mit noch höheren Frequenzen und Bandbreiten sollten zukünftig möglichst noch vor ihrer Einführung hinsichtlich ihres Beitrags für die Exposition der Bevölkerung bewertet werden.

Der Bericht des Workshop-Rapporteurs, Simon Mann, Health Protection Agency (UK), sowie die Vortragsfolien der Redner und eine von den Teilnehmern gemeinsam erarbeitete Quintessenz sind auf der Internetseite des DMF (www.emf-forschungsprogramm.de) verfügbar.

Im Oktober 2006 fand in München das internationale Fachgespräch zu Ergebnissen aus dem Forschungsschwerpunkt „Risikokommunikation“ statt.

Thematische Schwerpunkte waren die „Risikowahrnehmung elektromagnetischer Felder“, „Informations- und Kommunikationsmaßnahmen“ sowie „Standortplanung in Deutschland – Risikokommunikation auf der lokalen Ebene“. Im Rahmen der Diskussionen wurden die Wahrnehmung des Themas Mobilfunk und die in Teilen der Bevölkerung damit verbundenen Sorgen intensiv beleuchtet. Unterschiedliche Möglichkeiten, mit verschiedenen Bevölkerungsgruppen durch Informations- und Kommunikationsmaßnahmen in Kontakt zu treten, wurden vorgestellt und deren Eignung diskutiert. Als ein Beispiel wurde das so genannte „EMF-Portal“ (www.emf-portal.de) vorgestellt, ein im Internet frei zugängliches Informationsangebot in englischer und deutscher Sprache, das Grundlageninformationen, aktuelle wissenschaftliche Studien sowie ein umfassendes Glossar zum Themenkomplex „elektromagnetische Felder“ enthält. In einem eigenen Schwerpunkt wurde diskutiert, wie im Rahmen des Standortwahlverfahrens für Mobilfunksendeanlagen die Kommunikation auf der kommunalen Ebene zwischen den Mobilfunknetzbetreibern, den zuständigen kommunalen Ansprechpartnern und den Bürgerinnen und Bürgern verbessert werden kann.

Im Mittelpunkt der Vorträge und Diskussionen des Fachgesprächs standen die wissenschaftlichen Erkenntnisse der Projekte, ebenso wie die Frage ihrer Praxisrelevanz und die Möglichkeiten der praktischen Umsetzung. Es zeigte sich, dass die Projekte zu einer besseren Kenntnis der Risikowahrnehmung in der Bevölkerung und speziellen Personengruppen ebenso wie zu einem verbesserten Verständnis der Wahrnehmung und Wirkung von Informations- und Kommunikationsmaßnahmen zum Mobilfunk beigetragen haben. Die Bedeutung einer verstärkten Umsetzung dieser Erkenntnisse in die Praxis wurde hervorgehoben.

Die Vortragsfolien sind zusammen mit dem Bericht des Rapporteurs, Fr. Emilie van Deventer, WHO, sowie den Schlussfolgerungen des Fachgesprächs auf der Internetseite des DMF verfügbar.

Im Dezember 2006 wurde in München ein Fachgespräch durchgeführt, das sich mit möglichen „akuten gesundheitlichen Wirkungen des Mobilfunks“ befasst hat.

Das Programm war in drei Themenbereiche aufgeteilt: „Epidemiologische Studien“, „Experimentelle Studien“ und „Elektrosensibilität“. Zu Beginn wurde ein Überblick gegeben über die bisher vorliegenden Erkenntnisse zur Exposition der Bevölkerung durch moderne Kommunikationsmittel im Alltag. Diese liegt in aller Regel deutlich unterhalb der international akzeptierten bzw. festgelegten Grenzwerte.

Die epidemiologischen Studien, die bei diesem Fachgespräch diskutiert wurden, befassen sich mit den akuten gesundheitlichen Wirkungen der hochfrequenten Felder von Mobilfunkbasisstationen in der Allgemeinbevölkerung bzw. des Mobilfunks allgemein, speziell bei Kindern und Jugendlichen. Da die Entfernung zur Basisstation oder die Häufigkeit der Handynutzung kein geeignetes Maß für die Exposition mit hochfrequenten Feldern darstellt, werden in zwei Vorhaben Expositionsabschätzungen mit Hilfe von Personendosimetern durchgeführt.

Viele Personen, die gesundheitliche Beeinträchtigungen aufgrund der hochfrequenten Felder des Mobilfunks beschreiben, klagten über Schlafprobleme. Daher befassen sich mehrere Projekte im DMF mit diesem Sachverhalt. Die bisherigen Ergebnisse geben aber keine Hinweise auf Veränderungen der Schlafparameter aufgrund einer Exposition mit hochfrequenten Feldern. Dies gilt auch für die Untersuchungen an elektrosensiblen Personen, bei denen die Schlafqualität unter abgeschirmten Bedingungen im Vergleich zur „normalen“ Situation bestimmt und erfragt wurde. Es sind aber noch nicht alle Vorhaben abgeschlossen und bewertet worden.

Bei den Vorhaben, die im Rahmen des DMF zum Thema „Elektrosensibilität“ durchgeführt werden, zeigten sich bisher keine Hinweise auf einen kausalen Zusammenhang zwischen den elektromagnetischen Feldern und den Beschwerden der Betroffenen. Diese Ergebnisse sind in Übereinstimmung mit den meisten anderen wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu dieser Thematik. Hinsichtlich verschiedener Laborparameter ergaben sich Unterschiede zwischen den Elektrosensiblen und ihren Kontrollpersonen. Insgesamt sind die Elektrosensiblen eine sehr heterogene Gruppe und die Krankheit lässt sich nicht mit einem einfachen Modell beschreiben. In der Diskussion wurde deutlich, dass noch nicht alle Fragen zur Elektrosensibilität geklärt sind, dass es aber für zukünftige Studien wichtig ist, sich auf eine einheitliche Charakterisierung der zu untersuchenden Probanden zu verständigen, um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen.

In der abschließenden Diskussion wurde festgestellt, dass mit den vorgestellten Forschungsprojekten einige wissenschaftliche Kenntnislücken geschlossen werden können. Eine endgültige Bewertung kann aber erst nach Abschluss aller Projekte erfolgen.

Die Präsentationen der Redner und die Ergebnisse des Fachgesprächs werden auf der Internetseite des DMF veröffentlicht.

Im Jahr 2007 werden noch je ein Fachgespräch zu den biologischen Schwerpunkten „Wirkmechanismen“ und „chronische Effekte“ stattfinden. Die Gesamtbewertung der DMF-Forschungsprojekte soll Ende 2007 stattfinden.

Ein zentraler Aspekt bei der Durchführung des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms ist es, eine größtmögliche Transparenz des Verfahrens (z. B. Ausschreibung und Vergabe der Projekte, Informationen über die Durchführung verschiedener themenbezogener Veranstaltungen) und der Projektergebnisse zu gewährleisten. Um die Sichtweisen verschiedener gesellschaftlicher Gruppen zu erfassen, wurde im Jahr 2004 der Runde Tisch zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm (RTDMF) beim BfS eingerichtet. Unter www.emf-forschungsprogramm.de/rtdmf sind umfassende Informationen rund um den RTDMF zusammengestellt (Mitgliederliste, Geschäftsordnung, Protokolle der Sitzungen, in denen die einzelnen Themen der Sitzungen sowie die stattgefundenen Diskussion sehr detailliert bis hin zu der Darlegung von Einzelmeinungen festgehalten sind). Bei der Zusammensetzung des RTDMF wurde darauf geachtet, einen möglichst differenzierten Mitgliederkreis zu erhalten, der konstruktive Diskussionen unter Einbeziehung der Sichtweisen verschiedenster gesellschaftlicher Institutionen/Gruppen ermöglicht. Als zentrale Themen wurden bisher die Möglichkeiten der verbesserten Information der Öffentlichkeit über das Internet, die Möglichkeiten einer verstärkten Pressepräsenz des DMF, die Kommunikation und verständliche Aufbereitung von Forschungsergebnissen sowie zahlreiche fachbezogene Einzelthemen diskutiert. In den ersten drei Jahren seines Bestehens hat der RTDMF einen wichtigen Beitrag zur Transparenz des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms geleistet.

Auf Grund einer Empfehlung des RTDMF hat das BfS im Jahr 2006 ein Fachgespräch „Gesundheitliche Auswirkungen der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks – Befundberichte“ durchgeführt. Das Gespräch wurde durch die Bereitschaft von Frau Dr. Waldmann-Selsam ermöglicht, die das von ihr zusammengestellte Material (Fallberichte, Messprotokolle, ärztliche Gutachten, Beschreibungen von Patienten, Fragebögen, Korrespondenz mit Behörden etc.) für eine Diskussion mit Naturwissenschaftlern und Epidemiologen zur Verfügung stellte, die u. a. im Rahmen des DMF mit der Klärung einschlägiger Fragen beauftragt waren und sind. An dem Fachgespräch nahmen mobilfunkkritische Ärzte, Umweltmediziner, Naturwissenschaftler und Epidemiologen teil. Dargelegt wurde u. a. das Vorgehen in epidemiologischen Studien sowie die Möglichkeiten und Grenzen im Umgang mit Fallbeispielen aus umweltmedizinischer Sicht. Die mobilfunkkritischen Ärzte stellten ihre Dokumentationen von Gesundheitsschäden durch hochfrequente elektromagnetische Felder anhand von Befundberichten vor und erhielten Gelegenheit, ihre Positionen und Forderungen darzustellen.

Bezüglich der vorgelegten Fallbeschreibungen wurde auch von den anwesenden klinischen Umweltmedizinern deutlich Bedarf nach Erweiterung des Materials formuliert. Ein wichtiger Diskussionspunkt war, dass der Zusammenhang zwischen Exposition und Effekt belastbar objektiviert und multikausale Erklärungsansätze berücksichtigt werden müssen. Von den Teilnehmern wurde diskutiert, ob Aspekte aus den vorgelegten Fallbeschreibungen in bereits laufende Studien des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms einfließen können, ob diese bereits in entsprechenden Projekten erfasst sind oder ob sie zur Hypothesengenerierung für eine wissenschaftliche Studie verwendet werden können. Weiterhin soll in Kooperation zwischen praktizierenden Ärzten, klinischen Umweltmedizinern und Wissenschaftlern versucht werden, geeignete Fallbeschreibungen zum Thema DECT-Telefone auszuwählen und weiter aufzuarbeiten, so dass sie notwendige Qualitätskriterien, wie sie z. B. in der vom Robert-Koch-Institut publizierten Empfehlung „Vorschlag zur Gliederung von umweltmedizinischen Kasuistiken“ dargestellt sind, erfüllen. Es wurde vereinbart, diese Ansätze in weiteren themenspezifischen Treffen zu verfolgen.

Das Fachgespräch, das in dieser Form und Zusammensetzung erstmalig stattfand, wurde als gelungener Ansatz gewertet, unterschiedliche Sichtweisen und Bewertungen darzustellen, im direkten Dialog aufzuarbeiten und Möglichkeiten zu weitergehender Einbindung ärztlicher Erfahrung in wissenschaftlich belastbare Studien auszuloten. Ein ausführliches Protokoll des Fachgesprächs ist unter www.emf-forschungsprogramm.de/veranstaltungen/protokoll_fallbeispiele_111206.html verfügbar.

BESTIMMUNG DER EXPOSITION DER BEVÖLKERUNG IN DER UMGEBUNG VON DIGITALEN RUNDFUNK- UND FERNSESENDERN

Ansprechpartner:

Dirk Geschwentner (030 18333-2148)

Digitale Radio-Übertragung (Digital Audio Broadcasting: DAB) und Digitales Terrestrisches Fernsehen (Digital Video Broadcasting – Terrestrial: DVB-T) werden in den nächsten Jahren die bestehende analoge terrestrische Radio- und Fernsehübertragung im gesamten Bundesgebiet ersetzen. Die Auswirkungen, die diese Umstellungen in Bezug auf die Expositionssituation der Bevölkerung haben werden, wurden im Rahmen dieses Forschungsprojekts des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF) untersucht.

Der Umstieg vom bisherigen analogen Fernsehen auf das digitale Antennenfernsehen DVB-T findet in Deutschland schrittweise, d. h. zunächst in den großen Ballungszentren, statt. Im Mittelpunkt der Untersuchungen standen daher Expositionsmessungen, die vornehmlich in zwei der so genannten Startinseln durchgeführt wurden. Hierfür wurden die Regionen Nordbayern

(um Nürnberg) und Südbayern (um München) ausgewählt. Innerhalb der Projektlaufzeit wurden von den ausführenden Auftragnehmern zunächst die Expositionen an ca. 200 Messpunkten vor und nach der Umstellung auf DVB-T bestimmt. Die Messpunkte wurden nach dem Zufallsprinzip, aber unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Bevölkerungsdichten, in den verschiedenen Regionen ausgewählt. Gleichzeitig wurden die durch DAB sowie die von analogen Radiosendern im UKW-Bereich verursachten Expositionen ermittelt. Anders als bei der terrestrischen Fernsehübertragung wird die analoge und digitale Ausstrahlung von Radioprogrammen auf absehbare Zeit noch parallel betrieben werden.

Die Analyse der statistischen Verteilung der Resultate der beiden Messkampagnen ergab im Mittel eine Zunahme der Expositionswerte in den Kernbereichen der Versorgunginseln.

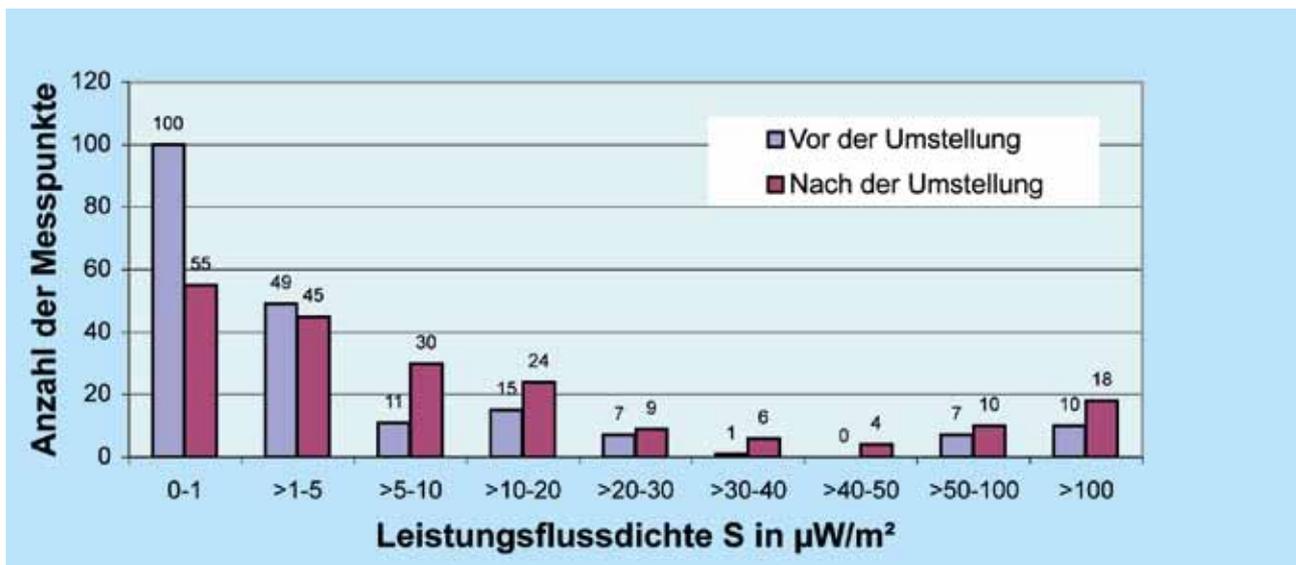
Kennwert	Leistungsflussdichte S in $\mu\text{W}/\text{m}^2$	
	Vor der Umstellung	Nach der Umstellung
Kleinster Messwert	0,03	0,03
Grösster Messwert	4.040	4.749
Mittelwert	17,5	33,8
Median	1,0	5,0

Ergebnisse der Messungen vor und nach der Umstellung auf DVB-T – Wichtige Kennwerte der Gesamtexposition durch Ton- und Ferns Rundfunk

Während sich die über alle Messpunkte gemittelte Exposition etwa verdoppelte (Erhöhung um 93 %), erhöhte sich der mittlere Expositionswert (Median) von $1,0 \mu\text{W}/\text{m}^2$ auf $5,0 \mu\text{W}/\text{m}^2$. Dies deutet darauf hin, dass die Umstellung auf DVB-T u. a. zu einer Verschiebung der Verteilung der Expositionswerte geführt hat, wie der folgenden Abbildung zu entnehmen ist.

In den städtisch geprägten Gebieten soll die Versorgungsplanung den allerhöchsten Ansprüchen genügen. Radio muss im Prinzip in jeder Küche und jedem Bad funktionieren, aber auch überall unterwegs mit kleinsten Taschenempfängern sowie im Auto. Man spricht hier von der Versorgungsklasse „portable indoor“. Hier hat sich eine deutliche Erhöhung der Exposition durch die Umstellung auf DVB-T ergeben. In den Außenbereichen kann die Versorgungsplanung geringeren Ansprüchen genügen, man spricht von Versorgungsklasse „fixed antenna“. In diesen Bereichen können die analogen TV-Signale der umliegenden Sender die Immissionen der DVB-T-Sender derzeit noch dominieren.

Die vorliegenden Messungen haben zwar ergeben, dass durch die Einführung von DVB-T in den beiden untersuchten Ballungsräumen eine deutliche Zunahme der Exposition zu verzeichnen ist. Es gilt aber auch, dass selbst am Messpunkt mit der insgesamt höchsten ermit-



Histogramm der gemessenen Leistungsflussdichtewerte (Gesamtexposition durch Ton- und Fernsehroundfunk)

telten Exposition die geltenden Grenzwerte um mehr als einen Faktor 400 unterschritten werden. Ob die Zunahme der Exposition insbesondere in der vorgestellten Höhe auf andere Startinseln übertragen werden kann, ist derzeit offen. Die in Bayern ermittelten Werte können nämlich mit einer Zunahme der installierten Sendeleistung in Korrelation gesetzt werden. Dies ist laut Planungsunterlagen nicht in allen der anderen bundesdeutschen Startinseln so vorgesehen.

Hinsichtlich des Rundfunks waren im Untersuchungszeitraum kaum Änderungen zu verzeichnen. Die Exposition durch elektromagnetische Felder des digitalen Rundfunks (DAB) ist derzeit noch vergleichsweise gering, und die Messwerte lagen demzufolge im Mittel auch mehr als einen Faktor 10 unter denen des analogen UKW-Rundfunks. Ob hier im Rahmen einer angestrebten besseren DAB-„Inhouse-Versorgung“ in Zukunft andere Ergebnisse zu erwarten sind, bleibt abzuwarten.

RISIKEN DER ANWENDUNG IONISIERENDER STRAHLEN UND RADIOAKTIVER STOFFE IN DER MEDIZINISCHEN DIAGNOSTIK WÄHREND DER SCHWANGERSCHAFT

Ansprechpartner/in:

Elke Nekolla (030 18333-2327)
Vladimir Minkov (030 18333-2311)

Gesundheit und Leben von Embryo und Fetus sind besonders schützenswert. Dies gilt insbesondere auch bezüglich einer Strahlenexposition. Für Ungeborene besteht nach Exposition mit ionisierender Strahlung das Risiko einer Entwicklungsstörung, einer Organfehlbildung sowie einer strahleninduzierten Krebserkrankung. Daher muss nach der Röntgenverordnung (RöV) bzw. der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) vor der

Anwendung ionisierender Strahlung in der medizinischen Diagnostik oder Therapie der anwendende Arzt jede gebärfähige Frau befragen, ob eine Schwangerschaft besteht oder bestehen könnte. Ist dies der Fall, so ist die Notwendigkeit einer Strahlenanwendung besonders kritisch zu prüfen. Bei dieser Nutzen-Risiko-Abwägung ist der mögliche Nutzen für die Mutter dem möglichen strahlenbedingten Risiko für das Kind gegenüberzustellen. In den Fällen, in denen den Frauen zum Zeitpunkt der Strahlenexposition nicht bewusst ist, dass eine Schwangerschaft vorliegt, ist eine besondere strahlenhygienische Beratung erforderlich.

Es werden zwei Kategorien biologischer Strahleneffekte unterschieden, deterministische und stochastische Strahlenwirkungen. Deterministische Wirkungen entstehen infolge von Zellabtötungen und führen zu einer Reduzierung oder dem kompletten Verlust einer Organ- oder Gewebefunktion. Es handelt sich hierbei um Effekte, die ausschließlich oberhalb bestimmter Dosis-schwellen auftreten, da unterhalb dieser Schwellen die Anzahl abgetöteter gesunder Zellen zu gering ist, um die Funktion von Organen oder Geweben nachhaltig zu beeinträchtigen. Oberhalb des Schwellenwertes steigt mit zunehmender Dosis die Schwere deterministischer Effekte an. Im Gegensatz zu den deterministischen Wirkungen entstehen stochastische Wirkungen durch strahleninduzierte Veränderungen der genetischen Information der Zellen (DNS), wodurch die Kontrolle über die Zellteilungsfunktion verloren geht. Die Wahrscheinlichkeit dieser Effekte steigt mit zunehmender Dosis an. Eine Schwellendosis wird in diesem Fall nicht angenommen, d. h. theoretisch können auch kleinste Dosen einen Schaden an der DNS verursachen. Zu den stochastischen Wirkungen zählen somatische Schäden (Krebs- und Leukämieerkrankungen) sowie genetische Schäden (Erbkrankheiten, die sich erst bei den Kindern und Kindeskindern der bestrahlten Personen auswirken).

Die Entwicklung des ungeborenen Kindes lässt sich in drei Hauptphasen unterteilen:

- Die Präimplantationsphase: die ersten 10 Tage nach Konzeption bis zur Implantation des Embryos in die Gebärmutter Schleimhaut. In dieser Phase besteht der Embryo aus relativ wenigen, noch undifferenzierten Zellen.
- Die Organogenese: der Zeitraum nach Implantation bis einschließlich der 8. Schwangerschaftswoche (SSW) nach Konzeption. In dieser Zeit wachsen und differenzieren die Zellen, und es werden die embryonalen Organanlagen gebildet, z. B. für Herz und Nervensystem.
- Die Fetalperiode: ab der 9. SSW nach Konzeption bis zur Geburt. Bis Ende der 10. SSW nach Konzeption sind alle Organanlagen vorhanden. In den folgenden Wochen wächst der Fetus von einer Größe von etwa 5 cm auf eine Größe von etwa 50 cm an und die Differenzierung der Organe findet statt.

Was die deterministischen Schäden anbelangt, kann sich eine Strahlenexposition je nach Entwicklungsphase des Ungeborenen unterschiedlich auswirken. Entsprechend existieren für jede Entwicklungsphase unterschiedliche Abschätzungen zur Schwellendosis sowie zum Risiko des deterministischen Schadens (Absterben des Embryos, Fehlbildung, Wachstumshemmung, Fehlentwicklung des zentralen Nervensystems etc.). Bezüglich der stochastischen Schäden gilt es inzwischen als gesichert, dass das Krebsrisiko nach einer Bestrahlung im Mutterleib – unabhängig von der Entwicklungsphase – erhöht ist. Die entsprechenden Risikoschätzungen sind allerdings mit erheb-

Im Rahmen der üblichen radiologischen und nuklearmedizinischen Diagnostik ist eine Überschreitung der Schwellendosis von 50 mSv für das Ungeborene nicht zu erwarten. Bei einer – unwahrscheinlichen – Strahlenexposition oberhalb von 50 mSv sollte der Arzt die verschiedenen Risiken und Gefahren für das Ungeborene differenziert ansprechen und die Risiken immer im Vergleich zum entsprechenden Spontanrisiko darstellen. Bei der Bewertung sollten auch weitere evtl. bestehende Risiken sowie der Kinderwunsch der Schwangeren berücksichtigt werden. Darüber hinaus sollten die Ergebnisse einer weiterführenden Diagnostik, evtl. unter Einbeziehung eines Humangenetikers, diskutiert werden.

Um bei einer Exposition während der Schwangerschaft sowohl der betroffenen Frau als auch den behandelnden Ärzten eine fachlich fundierte Entscheidungshilfe zu geben, besteht für den verantwortlichen Arzt die Möglichkeit, beim BfS eine Abschätzung zum Risiko für das Ungeborene nach einer Strahlenexposition einzuholen. Notwendige Voraussetzungen hierfür sind Angaben zur Anamnese (Konzeptionstermin, Datum der Strahlenanwendung) sowie Angaben zur Dosimetrie.

In den Jahren 2003 bis 2006 hat das BfS im Mittel etwa 20 solcher „Schwangerschaftsanfragen“ pro Jahr bearbeitet. In der Tabelle ist die Anzahl der in diesem Zeitraum beim BfS eingegangenen Schwangerschaftsanfragen klassifiziert nach Uterusdosis und Schwangerschaftsphase dargestellt. Mehr als ein Viertel der Anfragen bezog sich auf das Risiko nach Strahlenexposition innerhalb der ersten 10 Tage nach Konzeption. Bei etwa drei Viertel der Anfragen betrug die Uterusdosis weniger als 5 mSv.

Uterusdosis (mSv)	Anzahl der Anfragen	Schwangerschaftsphase		
		Präimplantation	Organogenese	Fetalperiode
< 1	31	9	20	2
≥ 1 – < 5	30	8	22	0
≥ 5 – < 10	5	3	2	0
≥ 10 – < 50	16	3	13	0
Insgesamt	82	23	57	2

Anzahl der in den Jahren 2003 bis 2006 beim BfS eingegangenen Schwangerschaftsanfragen (Diagnostik), klassifiziert nach Uterusdosis und Schwangerschaftsphase

lichen Unsicherheiten behaftet. Der Zusammenhang zwischen einer Strahlenexposition und dem Auftreten von genetischen Effekten beim Menschen konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Risikoschätzungen für genetische Schäden beruhen daher auf tierexperimentellen Daten.

Nach dem derzeitigen Erkenntnisstand liegt bei einer Uterusdosis der Schwangeren, die mit der Ganzkörperexposition des Embryos gleichzusetzen ist, unterhalb von 50 mSv keine Veranlassung für einen Schwangerschaftsabbruch vor, da diese Dosis unterhalb der konservativ abgeschätzten Schwellendosis von 50 mSv für deterministische Effekte liegt und die möglichen stochastischen Schäden – im Vergleich zu den spontanen Risiken – gering sind.

ERGEBNISSE DER URANBERGARBEITERSTUDIE: RISIKEN VON LUNGENTUMOREN UND HERZ-KREISLAUF-ERKRANKUNGEN

Ansprechpartner:

Bernd Grosche (030 18333-2250)

Nach Ende des 2. Weltkriegs begann die Sowjetunion unter dem Namen Sowjetische Aktiengesellschaft (SAG), später Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft (SDAG) Wismut, die Uranerzvorkommen im Erzgebirge und im südlichen Thüringen für ihr Atomprogramm auszubeten. Die Arbeits- und Strahlenschutzmaßnahmen waren bis 1955 unzureichend.

Von 1955 bis 1971 wurden sie kontinuierlich verbessert und entsprachen dann bis zum Ende des Uranbergbaus mit der deutschen Vereinigung 1990 dem internationalen Standard. Insgesamt waren bei der Wismut schätzungsweise 400 - 500.000 Personen beschäftigt, wobei der Höhepunkt 1950 mit etwa 130.000 Beschäftigten erreicht wurde. Die Wismut entwickelte sich mit ca. 231.000 t Fördermenge zum weltweit drittgrößten Uranerzproduzenten.

Nach der deutschen Vereinigung galt es, die Folgen des Uranerzbergbaus aufzuarbeiten. Ein wichtiger



Bergarbeiter im historischen Uranerzbergbau unter Tage beim Bohren im Wasser stehend

Punkt war und ist die Abschätzung der gesundheitlichen Risiken der Beschäftigung im Bergbau. Um dies tun zu können, führt das Bundesamt für Strahlenschutz mit Unterstützung des Bundesumweltministeriums und der Europäischen Union eine große Kohortenstudie („WISMUT Kohorte“) durch. Es wird das Geschehen in einer definierten Gruppe von Bergarbeitern über die Zeit beobachtet und dann mit den berufsbedingten Belastungen (hier insbesondere der Strahlenbelastung durch Radon und seine Folgeprodukte) in Verbindung gebracht. Der größte gesundheitliche Schaden durch Radon ist die Verursachung von Lungenkrebs. So wurden seit Beginn der Wismut-Tätigkeit bis 1999 7.695 Lungenkrebsfälle als beruflich bedingt anerkannt. Seitdem liegt die Zahl der neu anerkannten Fälle immer noch bei jährlich fast 200. Bisher ging man davon aus, dass zufallsbedingte, stochastische Schäden durch ionisierende Strahlung hauptsächlich das Krebsrisiko betreffen. Inzwischen gibt es jedoch vereinzelt Hinweise auf ein erhöhtes Herz-Kreislauf-Risiko – wie zum Beispiel aus der Studie an den Atombombenüberlebenden von Hiroshima und Nagasaki. Diese Frage wurde vom BfS im Jahr 2006 anhand

der Daten der „WISMUT Kohorte“ systematisch untersucht.

Auf der Basis noch vorhandener Unterlagen von 130.000 ehemaligen Beschäftigten der Wismut wurde 1993 im BfS mit Unterstützung der Berufsgenossenschaften und anderer Institute eine Kohorte aufgebaut, die eine Stichprobe von 59.001 Personen umfasst. Sie besteht aus Personen, die zwischen 1946 und 1989 eine Beschäftigung bei der Wismut aufgenommen hatten. Der gesundheitliche Zustand dieser Personen konnte bis zum 31.12.1998 verfolgt werden, wobei die Frage, ob die Personen noch leben oder bereits verstorben sind (sog. Vitalstatus), über Einwohnermeldeämter beantwortet wurde. Wo möglich wurde über Gesundheitsämter auch die Todesursache ermittelt. Demnach waren Ende 1998 16.598 Personen verstorben. Für 14.646 Verstorbene konnte eine Todesursache ermittelt werden. Es gab 2.388 Lungenkrebstodesfälle und 5.417 Herz-Kreislauf-Todesfälle. Dies stellt die Basis für die Datenanalyse dar, deren Ergebnis hinsichtlich des Lungenkrebs- und des Herz-Kreislauf-Risikos im Zusammenhang mit der Strahlenbelastung durch Radon und seine Folgeprodukte im Jahre 2006 publiziert wurde.

Bei dieser Analyse ging es vornehmlich um die Überprüfung des weltweit vorhandenen Wissens zum Zusammenhang von beruflicher Radonexposition im Bergbau und dem Lungenkrebsrisiko. Dieses Wissen basiert auf der gemeinsamen Auswertung von 11 Bergarbeiterkohorten aus sieben verschiedenen Ländern, für die die Daten zusammengetragen wurden. Diese 11 Kohorten sind mit insgesamt 60.606 Bergarbeitern zusammen nicht wesentlich größer als die deutsche Kohorte allein, die 59.001 Personen umfasst. Die weltweite Datenbasis für das Wissen um die gesundheitlichen Folgen der beruflichen Radonexposition konnte durch die deutsche Kohorte nahezu verdoppelt werden.

Die Schätzungen des Lungenkrebsrisikos je Expositionseinheit, für die bei Bergarbeitern die Einheit „Working Level Months“ (WLM) herangezogen wird, schwankt zwischen den 11 Kohorten deutlich um mehr als den Faktor 10. Die Größe WLM ist dabei das Produkt aus der potenziellen Alphaenergiekonzentration oder, vereinfacht ausgedrückt, der Radonkonzentration in einem Liter Luft und der Zeit, die ein Bergarbeiter in dieser Umgebung gearbeitet hat. Die bisherigen Auswertungen zeigten, dass das Risiko mit steigender Strahlenbelastung zunimmt. Gleichzeitig sinkt es aber mit zunehmender Zeit seit Exposition. So ist das Risiko 5 bis 14 Jahre nach Exposition am höchsten und nimmt dann um etwa jeweils die Hälfte pro 10-Jahres-Zeitraum ab. Es nimmt zudem mit zunehmendem Alter ab. Ferner hängt das Risiko pro WLM – je nach Analyse – von der Dauer der Beschäftigung oder der Expositionsrate (Höhe der Exposition pro Jahr) ab. Je niedriger die Expositionsrate, desto höher das Risiko pro WLM.

Gegenüber den 11 Kohorten ist die deutsche Kohorte in sich homogener und auf Grund ihrer Größe eine sehr

gute Basis zur Überprüfung bestehenden Wissens. Die deutsche Studie zeigt, dass das Lungenkrebsrisiko mit zunehmender Strahlenbelastung steigt, und zwar um 0,21 % je WLM. Die Exposition in der deutschen Kohorte schwankt zwischen 0 und mehr als 3.000 WLM. Das Risiko liegt 15 bis 24 Jahre nach der Exposition am höchsten, also später als bei bisherigen Annahmen, und zeigt eine deutlich geringere Abnahme mit zunehmender Zeit nach der Exposition. Auch die Abnahme des Risikos mit zunehmendem erreichtem Alter ist weniger deutlich ausgeprägt als bei den bisherigen Annahmen. Der Einfluss der Expositionsrate ist gleich wie bei den alten Analysen, allerdings nur zu beobachten bei Expositionen, die insgesamt 100 WLM übersteigen. Die Expositionen in den letzten Jahren (seit 1970) lagen bei etwa 2 WLM pro Jahr.

Insgesamt zeigt sich, dass der Einfluss der das Risiko modifizierenden Faktoren wie Alter und Zeit seit Exposition weniger deutlich sichtbar ist. Dadurch unterscheidet sich das Lebenszeitrisko, das sich auf der Basis der bisherigen Daten und der deutschen Kohorte ergibt, nur gering von den bisher vorliegenden Abschätzungen, wobei die deutschen Ergebnisse aber darauf hinweisen, dass ein Exponierter das Risiko länger in sich trägt, als dies auf Grund der alten Analysen angenommen wurde.

Systematische Untersuchungen zum Thema Herz-Kreislauf-erkrankungen und Strahlung gibt es kaum. Wenige und zudem inkonsistente Befunde liegen aus einzelnen Bergarbeiterstudien vor. Im Rahmen der deutschen Uranbergarbeiter-Kohortenstudie mit insgesamt 5.417 Todesfällen an Herz-Kreislauf-erkrankungen wurde deshalb in einer Zusatzanalyse das Risiko für Herz-Kreislaufsterblichkeit in Abhängigkeit von Strahlenexposition untersucht. In der Kohorte betrug die mittlere kumulative Exposition gegenüber Radon 241 WLM, gegenüber externer Gammastrahlung 41 mSv und gegenüber langlebigen Radionukliden 3,5 kBq h/m³. In Abhängigkeit von allen drei Expositionsarten konnte kein erhöhtes Herz-Kreislauf-Risiko nachgewiesen werden. Dies gilt auch bei separater Betrachtung der Untergruppen Schlaganfall, Herzerkrankungen oder akuter Myokardinfarkt. Da die für Herz und Arterien relevanten Organdosen – im Gegensatz zur Lunge – für alle drei Strahlenarten als relativ gering eingeschätzt werden, ist auf Basis dieser Ergebnisse davon auszugehen, dass bei Bergarbeitern ein Zusammenhang von Herz-Kreislauf-erkrankungen und Strahlung wenig wahrscheinlich ist.

Im weiteren Verlauf der Analyse der „Wismut-Kohorte“ stehen vor allem die Auswirkungen kombinierter Expositionen durch Strahlung, Arsen und Staub auf das Lungenkrebsrisiko im Vordergrund sowie die Analyse des Risikos für andere Tumoren als die der Lunge.

SCHUTZ VOR RADIOAKTIVITÄT IN DER UMWELT

NATÜRLICHE RADIONUKLIDE IN NATURWERKSTEINEN

Ansprechpartner:

Rainer Lehmann (030 18333-4220)
Thomas Beck (030 18333-4241)

Das Interesse an den Wirkungen natürlicher Radioaktivität ist in den letzten Jahren deutlich angestiegen. Das gilt auch für Radioaktivität natürlichen Ursprungs in Baustoffen, die je nach Art und Herkunft des Materials in unterschiedlicher Höhe vorkommt. Das Bundesamt für Strahlenschutz hat in den zurückliegenden Jahren die natürliche Radioaktivität von Baumaterialien übersichtsmäßig untersucht. Es besteht die Notwendigkeit, diese Übersichten aktuell zu halten, um bestimmte Trends und möglicherweise Materialien zu erkennen, deren Verwendung aus der Sicht des Strahlenschutzes zu beachten ist.

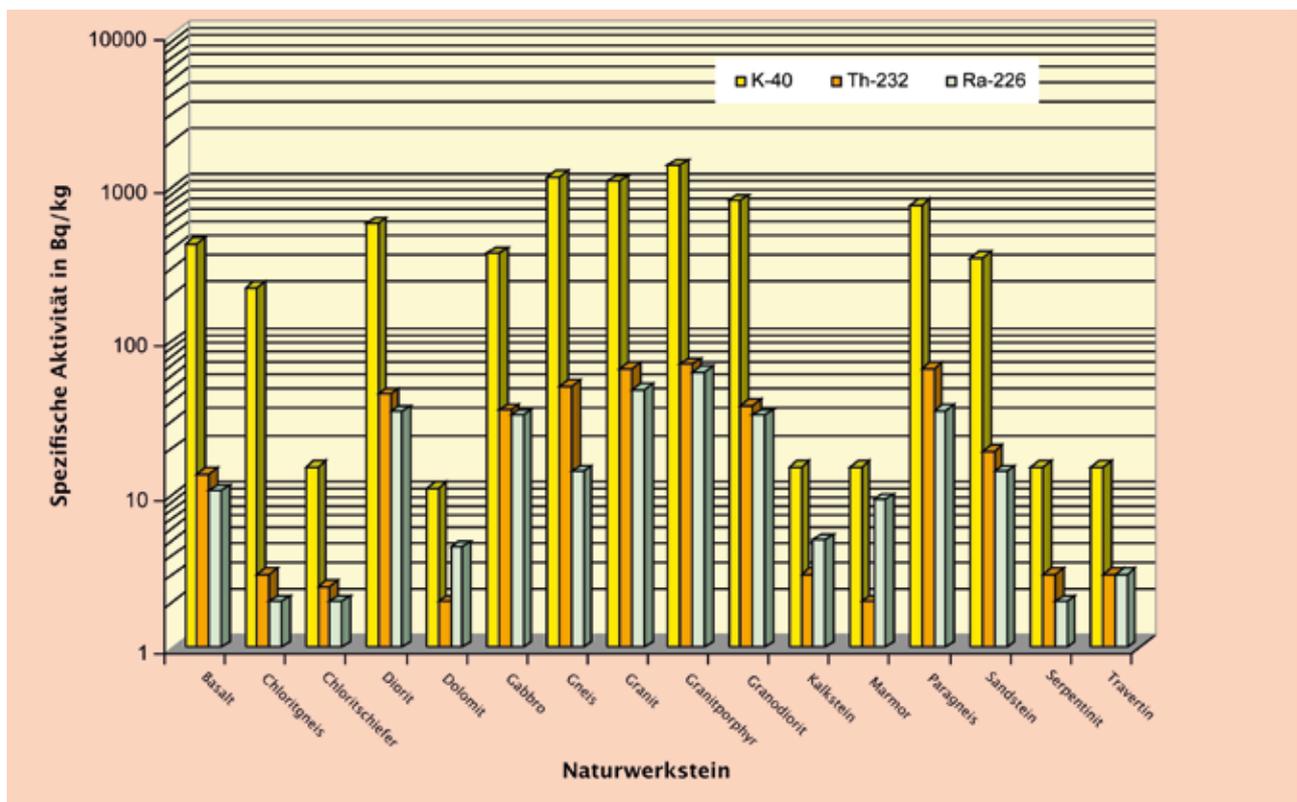
Da heute in allen Bereichen des Bauens im Hausinneren und im Freien verstärkt Naturwerksteine Anwendung finden, wurde durch das BfS mit Unterstützung des Deutschen Naturwerkstein-Verbandes e.V. im Jahr 2006 eine Reihe marktgängiger Fliesen und anderer Plattenmaterialien unterschiedlichster Herkunft auf die Gehalte natürlicher Radioaktivität untersucht und aus Strahlenschutzsicht bewertet. Im Vordergrund standen gammaspektrometrische Messungen der spezifischen Aktivitäten des Radium-226, Kalium-40 und Thorium-232. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung zusammengefasst. Die dort dargestellten Medianwerte

(Zentralwerte) bedeuten, dass die Hälfte der untersuchten Proben über diesem Wert liegt und 50 % darunter.

Die Materialgliederung erfolgt an dieser Stelle nach der Gesteinsart. Es muss darauf hingewiesen werden, dass im Handel aus Erwägungen, die sich an den speziellen Anwendungen, der Verarbeitung und Pflege der Materialien orientieren, nicht immer korrekte Gesteinsbezeichnungen verwendet werden. Z. B. handelt es sich bei „Granit“ nicht immer um Granitgestein, sondern diese Bezeichnung wird auch für Gneise, Diorite, Granodiorite und sogar gabbroide Gesteine verwendet.

Die spezifischen Aktivitäten der untersuchten Naturwerksteine liegen für Kalium-40 im Bereich zwischen 10 Bq/kg und 1.600 Bq/kg, für Radium-226 zwischen kleiner als 10 Bq/kg und 355 Bq/kg und für Thorium-232 zwischen kleiner als 10 Bq/kg und 330 Bq/kg. Zum Vergleich und zur Ergänzung wird auf den Beitrag „Strahlenexposition der Bevölkerung durch natürliche Radionuklide in Baumaterialien“ im Jahresbericht des BfS 2003 sowie auf den Artikel von Pavlidou, S. Koroneos, A., Papastefanou, C., Christofides, G., Stoulos, S., Vavelides, M.: „Natural Radioactivity of Granites Used as Building Materials in Greece“, veröffentlicht im Bulletin of the Geological Society of Greece, Vol. XXXVI, 2004, hingewiesen. Die dort beschriebenen Ergebnisse stimmen gut mit den hier gefundenen überein.

Die mögliche Strahlenexposition durch die einzelnen Materialien hängt neben der Radionuklidkonzentration



Medianwerte der spezifischen Aktivität natürlicher Radionuklide in Naturwerksteinen

und der Radonfreisetzung von der Art ihrer Verwendung ab. Für ihre Bewertung gibt es noch keine verbindliche Rechtsgrundlage. Allerdings hat die Europäische Kommission mit ihren „Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials“, veröffentlicht in Radiation Protection 112, 1999, eine einfach zu handhabende Methode empfohlen. Diese ermöglicht auf der Grundlage der ermittelten spezifischen Aktivitäten der oben angegebenen Radionuklide und spezieller Modellannahmen eine Bewertung. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass selbst bei großflächiger Anwendung von Natursteinen in Gebäuden nicht davon auszugehen ist, dass der von der Europäischen Kommission für die Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide (ohne Radon) in Baustoffen empfohlene Richtwert von 1 mSv im Kalenderjahr überschritten wird. Demnach können Natursteine entsprechend der vom Hersteller vorgesehenen Art und Weise im Wohnungsbau eingesetzt werden.

Die Untersuchungen der Strahlenexposition durch natürliche Radioaktivität in Baumaterialien sollen im Hinblick auf in Vorbereitung befindliche rechtliche Regelungen in Deutschland und auf europäischer Ebene in Zukunft fortgesetzt werden. Dabei muss auf Daten zurückgegriffen werden, die die Exposition der Wohnbevölkerung durch verbaute Materialien widerspiegeln. Hinsichtlich der Regelung ist zu beachten, dass die Strahlenexposition durch natürliche Radioaktivität in Baumaterialien generell so niedrig wie möglich gestaltet werden sollte.

NATÜRLICHE RADIOAKTIVITÄT IN TRINK- UND MINERALWÄSSERN

Ansprechpartner:

Dirk Obrikat (030 18333-4310)

Der Trinkwasser- und Mineralwasserkonsum trägt durch die im Wasser enthaltenen Radionuklide zur Strahlenexposition der Bevölkerung bei. Während Mineralwasser aus sehr tief liegenden, geschützten Wasservorkommen gefördert wird und deshalb nahezu ausschließlich natürliche Radionuklide enthält, kann Trinkwasser auch durch in die Umgebung freigesetzte künstliche Radioaktivität kontaminiert werden. Als Folge des globalen Fallouts der Kernwaffenversuche in den 50er und 60er Jahren, der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl und der radioaktiven Emissionen über Abwasser und Fortluft aus kerntechnischen Anlagen wird die Radioaktivität in Grund-, Roh- und Trinkwässern regelmäßig überwacht. Diese im Rahmen der allgemeinen Umweltradioaktivitätsüberwachung auf der Grundlage des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG) und der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) durchzuführenden Messungen erfolgen an ca. 400 Probenahmestellen. Langjährige Messergebnisse für relevante künstliche Radionuklide wie Tritium, Strontium-90 und Cäsium-137

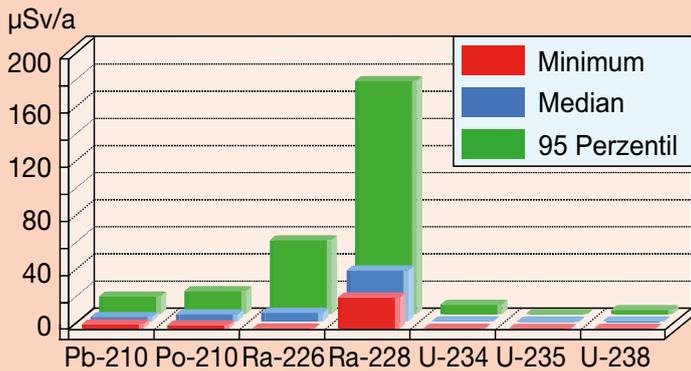
zeigen, dass die durch künstliche Radioaktivität in Trinkwasser hervorgerufene Strahlenexposition der Bevölkerung weit unter 0,001 mSv pro Jahr liegt und damit gegenüber anderen Quellen der zivilisatorischen Strahlenbelastung (Summe ca. 2 mSv pro Jahr) vernachlässigt werden kann.

Durch Medienberichte über erhöhte Uran- und Radiumgehalte in Trink- und Mineralwässern hat die natürliche Radioaktivität in der deutschen Öffentlichkeit große Aufmerksamkeit gefunden, da die durch natürliche Radionuklide im Wasser bedingte Strahlenexposition ein Vielfaches derjenigen beträgt, die durch künstliche Radioaktivität in Trinkwasser hervorgerufen wird. Die Strahlenexposition hängt ab von den im Wasser enthaltenen Radionukliden, den Strahlungseigenschaften und Aktivitätskonzentrationen dieser Nuklide, der Menge des konsumierten Wassers und vom Lebensalter zum Zeitpunkt der Aufnahme.

Im Gegensatz zur künstlichen Radioaktivität wurde die natürliche Radioaktivität bisher nicht regelmäßig überwacht. Andererseits können die Aktivitätskonzentrationen und die Zusammensetzung der in Trink- und Mineralwasser enthaltenen natürlichen Radionuklide der radioaktiven Uran- und Thorium-Zerfallsreihen wie Radon-222, Uran-234, Uran-235, Uran-238, Radium-226, Radium-228, Blei-210, Polonium-210 und Actinium-227 in weiten Grenzen variieren, da die örtlichen geologischen Gegebenheiten der Wasservorkommen und die Uran- und Thorium-Gehalte der Untergrundgesteine sehr unterschiedlich sein können. Deshalb wurden durch die Einführung des WHO-Dosisrichtwertes von 0,1 mSv pro Jahr für Trinkwasser und die Übernahme in die EU-Trinkwasserrichtlinie und die deutsche Trinkwasserverordnung flächendeckende Untersuchungen der Aktivitätskonzentrationen dosisrelevanter natürlicher Radionuklide in Trink- und Mineralwässern nahegelegt.

Mineralwasser

Der jährliche Mineralwasserkonsum pro Einwohner ist in Deutschland in den zurückliegenden 30 Jahren von 13 l (1970), über 40 l (1980) und 83 l (1990) auf jetzt ca. 130 l (2005) gestiegen. Zusätzlich werden im statistischen Mittel ca. 35 l Mineralwasser mit Zusätzen getrunken. Daraus folgt, dass ein erheblicher Teil des Trinkwasserbedarfes der deutschen Bevölkerung durch Mineralwasser gedeckt wird. Mit zunehmender Tendenz wird Mineralwasser auch für die Zubereitung von Säuglingsnahrung verwendet. Da Angaben über die Strahlenexposition der Bevölkerung infolge des Konsums von Mineralwasser nicht vorlagen, hat das BfS eine breit angelegte Studie zur Bestimmung des Gehaltes natürlicher Radionuklide in Mineralwässern in Deutschland durchgeführt. Als Zielstellung sollten mögliche gesundheitliche Folgen durch natürliche Radionuklide in Mineralwässern bewertet und Rückschlüsse auf eine Neufassung der Mineral- und Tafelwasserver-



Strahlenexposition der Bevölkerung in Mikrosievert pro Jahr (Kleinkinder unter 1 Jahr alt) durch natürliche Radionuklide infolge des Verzehrs von Mineralwasser

ordnung (MTVO) durch Aufnahme eines Parameters „Radioaktivität“ gezogen werden. Dazu wurden die Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide Ra-226, Ra-228, U-234, U-235, U-238, Po-210, Pb-210 und Ac-227 von 407 in Deutschland erhältlichen Wässern bestimmt.

Von den 407 untersuchten Mineralwässern wurden 366 in Deutschland produziert – die restlichen 35 Sorten waren Importwässer aus 10 europäischen Staaten. Damit wurde ein großer, regional repräsentativer Teil der ca. 650 in Deutschland amtlich anerkannten Mineralwässer erfasst. Die Strahlenexposition beim Konsum dieser Wässer wurde für Kinder, Jugendliche und Erwachsene berechnet und unter <http://www.bfs.de/www/extfs/ion/nahrungsmittel/20060812Mineralwasser2.pdf> im Jahr 2002 veröffentlicht. Die dortigen Dosiswerte wurden in den darauffolgenden Jahren ständig aktualisiert, da die Gehalte der natürlichen Radionuklide bei ca. 50 Sorten durch gezielte technologische Maßnahmen bei der Mineralwasseraufbereitung verringert wurden. Im Einzelnen wurden folgende Ergebnisse erzielt:

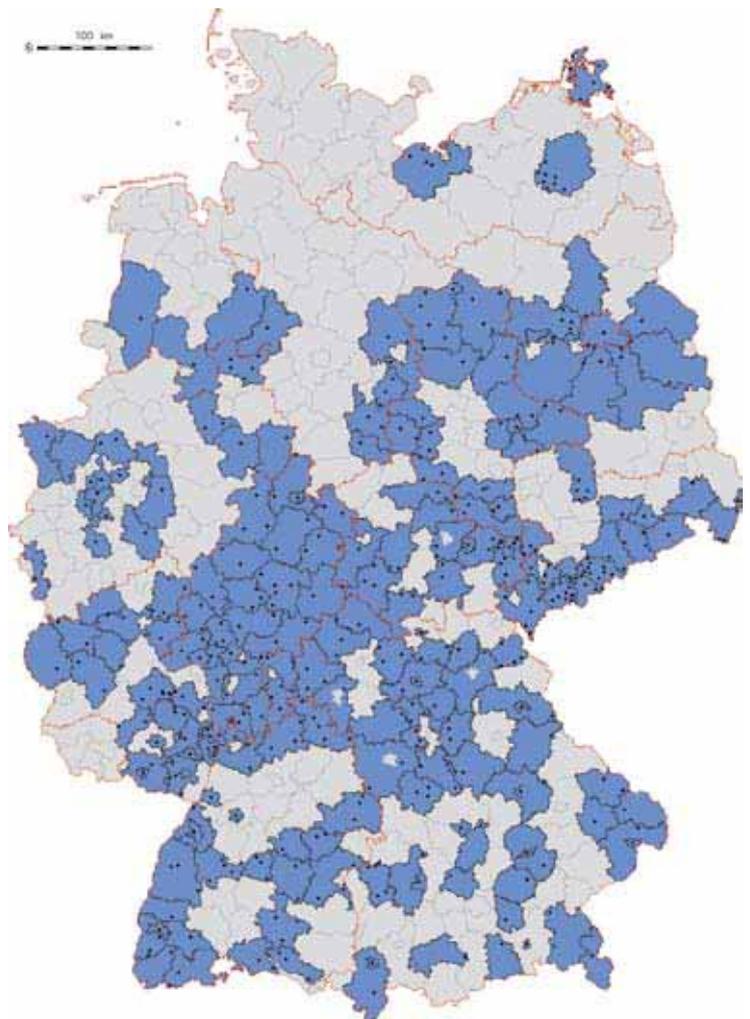
Die höchsten Dosiswerte traten bei Säuglingen in einem Alter bis zu einem Jahr auf, für die Mineralwasser zur Zubereitung von Fertignahrung und als Trinkwasser verwendet wird. Der Medianwert der Dosis beträgt mit 0,046 mSv/Jahr etwa 50 % des Dosisrichtwertes für Trinkwasser in Höhe von 0,1 mSv/Jahr. Der Maximalwert beträgt 6,5 mSv/Jahr bei einem Wasser aus Portugal. In der Abbildung oben sind die Ingestionsdosiswerte als Minimalwerte, Medianwerte und 95 %-Perzentile dargestellt. Dosisbestimmend ist aufgrund seiner hohen Radiotoxizität überwiegend Radium-228. Die Medianwerte betragen 0,038 mSv/Jahr für Ra-228; 0,006 mSv/Jahr für Ra-226; 0,005 mSv/Jahr für Po-210 und 0,003 mSv/Jahr für Pb-210.

Als Ergebnis der BfS-Studie wurde die MTVO 2003 geändert, so dass die Angabe „Geeignet für die Zubereitung von Säuglingsnahrung“ auf dem Flaschenetikett nur noch zulässig ist, wenn die Maximalgehalte von Ra-228 und Ra-226 die Werte 20 mBq/l bzw 125 mBq/l nicht

überschreiten. Sind beide Radionuklide enthalten, darf die Summe der Gehalte, ausgedrückt in Vohundertteilen der Höchstkonzentrationen, 100 nicht überschreiten.

Trinkwasser

Seit September 2003 führt das BfS für Deutschland repräsentative Untersuchungen zur Bestimmung des Gehaltes der natürlichen Radionuklide Radium-226, Radium-228, Blei-210, Polonium-210, Radon-222 und der Uranisotope U-234, U-235 und U-238 in Trinkwasser durch. Mit der bisher erfolgten Probenahme in ca. 480 Wasserversorgungsanlagen ist das Messprogramm nunmehr weitgehend abgeschlossen (siehe Grafik). Unzureichend ist der Stand der Probenahme in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein, Saarland, Hamburg und Bremen. Die Probenahme in den Wasserwerken wurde ermöglicht durch Mitwirkung der Umwelt- und Gesundheitsministerien der Länder sowie der örtlichen Gesundheitsbehörden, die für die Einhaltung der Trinkwasserverordnung zuständig sind. Beprobte wurden die in die Versorgungsnetze eingespeisten auf-



Stand der Probenahme am 30.10.2006 nach Gemeinden (Punkte) und Landkreisen (beprobte Landkreise sind blau markiert)

bereiteten Trinkwässer (Reinwässer) und die korrespondierenden, d. h. in den Aufbereitungsprozess eingespeisten Rohwässer, oder – in den Fällen, wo keine Aufbereitung stattfindet – die nicht aufbereiteten Trinkwässer. Die Auswahl der Wasserwerke erfolgte unter Berücksichtigung bevölkerungsreicher Ballungsgebiete mit normalem natürlichem Untergrund und ausgewählter Gebiete mit erhöhter natürlicher Radioaktivität in Sachsen, Thüringen, Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen.

Die mit fortschreitendem Beprobungsgrad durchgeführten Auswertungen der Messergebnisse zeigen immer noch schwankende Medianwerte der einzelnen Radionuklide, die sehr stark durch die Geologie des Herkunftsgebietes der Trinkwasserproben bestimmt werden. Eine Angabe von für Deutschland repräsentativen Werten ist deshalb noch verfrüht. In Analogie zum Mineralwasser sind auch beim Trinkwasser die Radionuklide Ra-226 und Ra-228 dosisbestimmend. Nach dem gegenwärtigen Stand der Ergebnisse ist zu erwarten, dass (nach Abschluss der Untersuchungen) die Aktivitätskonzentrationen dieser Radionuklide beim Trinkwasser unter denen des Mineralwassers liegen werden.

RADIOAKTIVE BELASTUNG VON SPEISEPILZEN UND WILDBRET – AKTUELLE MESSWERTE

Ansprechpartner:

Martin Steiner (030 18333-2549)

Wild wachsende Pilze und Wildbret sind für viele Menschen eine beliebte Ergänzung des Speisezettels. Bemerkenswert ist, dass noch zwei Jahrzehnte nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl in diesen Lebensmitteln weitaus höhere Aktivitäten des Radionuklids Cs-137 (Radiozäsium) als in landwirtschaftlichen Produkten gemessen werden.

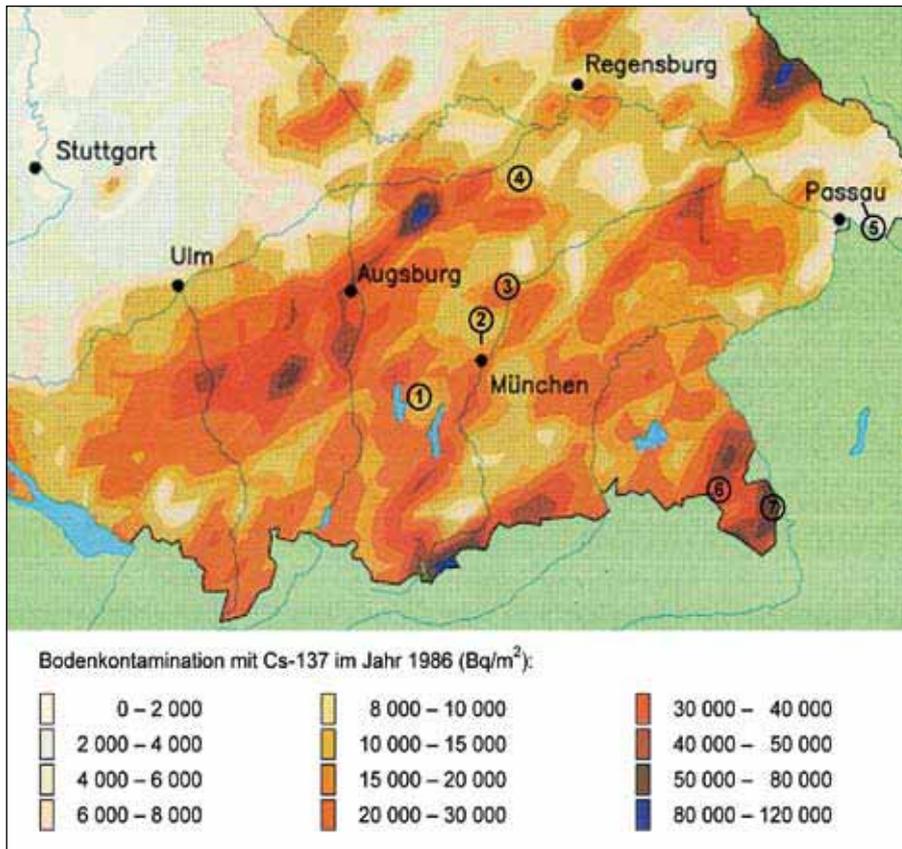
Das Bundesamt für Strahlenschutz verfolgt durch eigene Untersuchungen die radioaktive Belastung wild wachsender Pilze an typischen Waldstandorten in Süddeutschland, einem Gebiet, das durch den Reaktorunfall von Tschernobyl besonders betroffen wurde. Die Probenahmeorte im Rahmen der Messkampagne 2005 sind in der Abbildung auf Seite 52 oben gekennzeichnet. Die in dieser Abbildung farbig dargestellte Bodenkontamination mit Cs-137 bezieht sich auf das Jahr 1986. Das Radionuklid Cs-137 ist aufgrund seiner physikalischen Halbwertszeit von rund 30 Jahren seitdem zu etwa 40 % zerfallen. Die Analyse der Pilzproben ergab Aktivitäten von mehr als 1.000 Bq/kg Cs-137 in Semmelstoppelpilzen, Ockertäublingen, Erdritterlingen und Reifpilzen. Maronenröhrlinge und Graublättrige Schwefelköpfe erreichten Aktivitätsgehalte zwischen 600 und 1.000 Bq/kg Cs-137. Die Abbildung auf Seite 52 unten zeigt beispielhaft den Zeitverlauf der radioaktiven Kontamination von

Maronenröhrlingen am Nadelwaldstandort Hochstadt (Ort 1). Mit Messwerten stets unter 20 Bq/kg Cs-137 waren 2005 folgende Arten nur gering kontaminiert: Fuchsigiger und Violetter Rötleritterling, Parasol (Riesenschirmpilz), Safranschirmling, Mönchskopf und Schafsporling. In den außergewöhnlich hoch kontaminierten kleineren Gebieten im Bayerischen Wald, im Donaumoos südwestlich von Ingolstadt und in der Region Mittenwald, die jedoch im Jahr 2005 nicht beprobt wurden, sind in Pilzen noch höhere Radiocäsiumgehalte zu erwarten. Beispielsweise wurde im Rahmen eines vom Bundesamt für Strahlenschutz initiierten Untersuchungsvorhabens im Bayerischen Wald in den Jahren 2002 bis 2004 bei Maronenröhrlingen ein Maximalwert von etwa 12.000 Bq/kg Cs-137 gemessen. Das Untersuchungsgebiet umfasste im Wesentlichen den nordwestlichen Teil des Nationalparks Bayerischer Wald sowie das Forstamt Bodenmais.

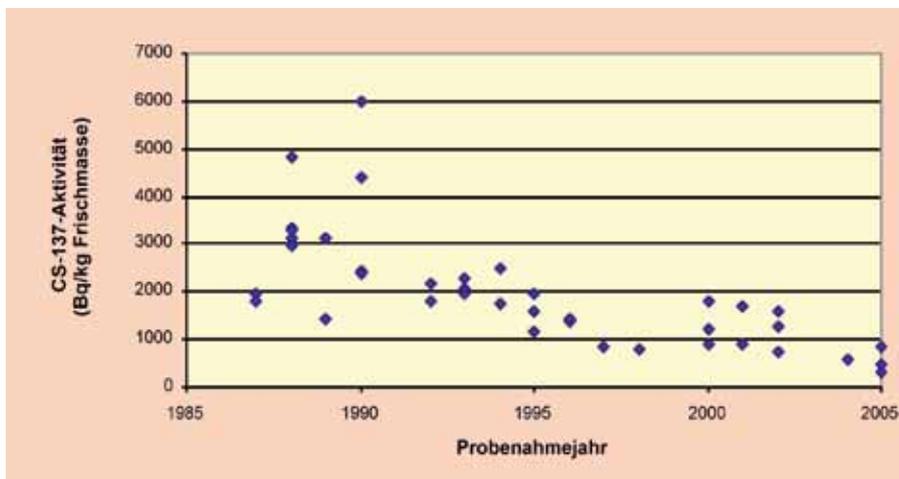
Auch in Wildbret ist eine ähnlich hohe Spannbreite des Gehalts von Cs-137 zu beobachten. Die im Rahmen eines bundesweiten Routinemessprogramms (Integriertes Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität, IMIS) erhobenen Daten erreichten im Jahr 2005 für Hirsche maximal 60 Bq/kg Cs-137 und für Rehe 257 Bq/kg Cs-137. Die höchsten Aktivitäten werden im Allgemeinen bei Wildschweinen gemessen. So wurden im gleichen Jahr Werte über 3.000 Bq/kg Cs-137 im Muskelfleisch erreicht. Der Spitzenwert der vergangenen Jahre betrug etwa 65.000 Bq/kg Cs-137. Hohe Kontaminationen sind insbesondere dann zu erwarten, wenn die Tiere aus stark belasteten Gebieten stammen und ihr Futter vornehmlich im Wald suchen. Große geschlossene Waldgebiete, die eine hohe Bodenkontamination infolge des Reaktorunfalls von Tschernobyl aufweisen, sind beispielsweise in Teilen des Bayerischen Waldes zu finden.

In den nächsten Jahren ist weiterhin nur mit einem langsamen Rückgang der Kontamination wild wachsender Speisepilze und von Wildbret zu rechnen. Bei einigen wenigen Pilzarten, die ihre Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten beziehen, sowie bei Wildschweinen sind nahezu unveränderte oder sogar leicht erhöhte Radiocäsiumaktivitäten zu erwarten.

Der maßvolle Verzehr von Wildbret und Speisepilzen aus dem Wald führt zwar nur zu geringen, aber vermeidbaren Strahlenexpositionen. Eine Mahlzeit mit höher kontaminierten Pilzen (4.000 Bq/kg Cs-137) entspricht beispielsweise weniger als einem Hundertstel der jährlichen natürlichen Strahlenexposition, der jeder Mensch ausgesetzt ist. Das BfS rät grundsätzlich, jede Strahlenexposition so gering wie möglich zu halten. Die Strahlenexposition durch den Verzehr von Nahrungsmitteln lässt sich durch das individuelle Ernährungsverhalten reduzieren. Wer persönlich die Strahlenbelastung so gering wie möglich halten möchte, sollte deshalb auf den Verzehr wild wachsender Pilze und Wildbret aus den höher belasteten Gebieten Deutschlands verzichten.



Probenahmeorte im Rahmen der Messkampagne 2005: Hochstadt, Hausen (1); Oberschleißheim (2); Freising (3); Siegenburg (4); Hauzenberg (5); Schneitzreuth/Oberjettenberg (6); Roßfeld (7)



Zeitverlauf der radioaktiven Kontamination von Maronenröhrlingen am Nadelwaldstandort Hochstadt (Ort 1 in Abb. oben)

MESSUNGEN VON RADIOXENON KOMPLETTIEREN DEN NACHWEIS DES NORDKOREANISCHEN KERNWAFFENTESTS

Ansprechpartner:

Clemens Schlosser (030 18333-6772)

Am 9. Oktober 2006 meldete Nordkorea die erfolgreiche Durchführung eines – bereits 6 Tage zuvor angekündigten – Atombombentests. Mit diesem besorgniserregenden Ereignis war auch das Internationale Messsys-

tem der Vertragsorganisation für das Umfassende Kernwaffenteststoppabkommen (CTBT) gefordert. Seit 1996 haben insgesamt 177 Staaten diesen Vertrag unterzeichnet, der jegliche nuklearen Testexplosionen verbietet und auch ein Überwachungssystem vorsieht. Nordkorea hat diesen Vertrag nicht unterzeichnet. Es war natürlich für das gegenwärtig noch im Aufbau befindliche Verifikationssystem des CTBT eine Herausforderung, dieses Ereignis zu detektieren, zu lokalisieren und zu identifizieren. Tatsächlich registrierten die seismischen Detektoren sehr schnell und präzise eine Explosion der Stärke 4,1 auf der Richterskala im Nordosten Koreas.

Der Test warf jedoch einige Fragen auf, da die Explosion mit weniger als einer Kilotonne TNT-Äquivalent sehr schwach war. Solche „kleinen“ Kernwaffen sind technisch ungleich schwieriger zu bauen. War der Test misslungen oder war die Explosion gar ein Täuschungsmanöver mit konventionellem Sprengstoff?

Zur Beantwortung dieser Fragen war die Radioaktivitätsmesstechnik gefragt, denn nur über den Nachweis von radioaktiven Spaltprodukten und deren Zuordnung zu dem Test erhält man den zweifelsfreien Beweis des nuklearen Charakters einer Explosion. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf radioaktivem Xenon, denn dieses Edelgas kann auch bei unterirdischen Explosionen in die Atmosphäre entweichen. Bei einer Explosion von einer Kilo-

tonne TNT-Äquivalent werden entweder durch sofortige Produktion oder durch Nachzerfall wenige Gramm radioaktives Xenon erzeugt. Dieses Xenon verteilt sich in einem sehr charakteristischen Verhältnis auf insgesamt vier Isotope, die von den Messgeräten der CTBTO auch spezifisch unterschieden werden können. Je nach Explosionstiefe und Porosität des Gesteins gelangt nur ein Bruchteil des Xenons an die Erdoberfläche, von wo es dann über die Atmosphäre über hunderte bis tausende Kilometer transportiert und verdünnt wird. Trotz einer immensen Verdünnung sind die heute verfügbaren

Messtechniken in der Lage, eine Konzentration von 500 Atomen pro Kubikmeter Luft noch nachzuweisen.

Der Zeitpunkt des nordkoreanischen Tests war allerdings verfrüht, um dessen Identifikation durch Messung radioaktiver Spuren zu komplettieren. Im Bereich der Edelgasmesstechnik ist das Messnetz nur zu einem Viertel aufgebaut. Ausgerechnet die dem Explosionsort am nächsten liegenden Stationen in Sibirien (Ussuryisk) und Japan (Takasaki) waren zum fraglichen Zeitpunkt noch nicht betriebsbereit. Deshalb waren auch Experten in den Tagen nach der Explosion auf Spekulationen angewiesen.

Relativ frühzeitig wurde bekannt, dass die USA mit Flugzeugen Messungen durchgeführt hatten, die den nuklearen Charakter der Explosion belegten. Messwerte und weitergehende Angaben wurden jedoch nicht veröffentlicht, so dass die Öffentlichkeit keine Möglichkeit der Nachprüfung hatte. Unklar blieben auch Aktivitäten eines schwedischen Messteams im Auftrag der südkoreanischen Regierung.

Mittlerweile hat sich das Bild aufgeklärt. Es begann nach etwa zwei Wochen mit Messwerten, die von der kanadischen CTBT-Station in Yellowknife berichtet wurden. Dort konnte man nur geringe Spuren von Xenon-133 nachweisen. Solche Spuren können aber auch aus anderen Quellen stammen. Daher waren die kanadischen Messungen nur ein Hinweis, nicht jedoch ein Beweis.

Viel aussagekräftiger sind die Daten des schwedischen Messteams, das Luftproben in Südkorea sammelte, diese nach Stockholm ins Labor fliegen ließ und dort auswertete. Die Daten dieser Messungen wurden erst am 15. Februar 2007 den Experten der CTBTO vorgestellt. Die gemessenen Werte zeigen für den 12. – 16. Oktober erhöhte Konzentrationen an Xenon-133. Dies allein wäre noch kein Beweis, wenn man nicht auch noch das Isotop Xe-133m in einer Tagesprobe nachgewiesen hätte. Damit und mit der Kenntnis des lokalen Untergrundes, den man in den folgenden zwei Monaten aufgenommen hatte und in dem bisher kein vergleichbar hoher Messwert mehr gefunden wurde, bestehen nur noch geringe Zweifel an dem nuklearen Charakter der koreanischen Explosion.

Der koreanische Test und die Art des Nachweises haben die Funktionsfähigkeit des Verifikationssystems für den CTBT demonstriert und gezeigt, dass speziell die Messung von radioaktiven Edelgasen ein sehr leistungsfähiges und notwendiges Instrument ist, um den nuklearen Charakter einer verdächtigen Explosion zu beweisen. Sie wird noch intensiver als bisher innerhalb und außerhalb der CTBTO weiter zu entwickeln sein. Das BfS wird seine Fachkompetenz einbringen.

Die Messung von Radioxenon ist einer der Schwerpunkte des BfS mit seinem Edelgaslabor in Freiburg. Dort werden seit den 1970er Jahren entsprechende Mes-

sungen durchgeführt. Seit 2003 betreibt das BfS auch eine offizielle CTBT-Messstation auf dem Schauinsland. Das BfS erhält die Daten aller anderen Stationen und wertet diese für das Auswärtige Amt aus. Darüber hinaus beteiligt sich das BfS intensiv an der Weiterentwicklung dieser Schlüsseltechnologie im Rahmen von internationalen Kooperationen. Partnerinstitutionen in Japan und Südkorea haben nach dem koreanischen Test beschlossen, eigene Messsysteme für radioaktives Xenon zu betreiben. Dabei greifen sie auf Erfahrung und Know-how des BfS-Edelgaslabors zurück, übernehmen teilweise auch die hier entwickelten Instrumente und tauschen Luftproben und Daten mit dem BfS aus.

KONZEPTIONELLE ÜBERLEGUNGEN ZUM SCHUTZ VON TIEREN UND PFLANZEN VOR IONISIERENDER STRAHLUNG

Ansprechpartnerin:

Liebetraud Hornung (030 18333-2540)

Die wissenschaftlichen Untersuchungen und die administrativen Maßnahmen im Strahlenschutz zielten bis in die jüngste Vergangenheit allein auf den Schutz des Menschen durch Begrenzung seiner Strahlenexposition ab. Auf nationaler und internationaler Ebene wurde zunehmend jedoch auch der Abschätzung der Strahlenexposition von Pflanzen und Tieren (Flora und Fauna) und den Effekten ionisierender Strahlung auf diese Organismen Bedeutung zugemessen, nicht zuletzt, um die ursprüngliche These „Ist der Mensch geschützt, ist es die Natur auch“, insbesondere vor dem Hintergrund der von Menschen unbewohnten bzw. unbewohnbaren Gebiete bzw. Ökosysteme, genauer zu prüfen.

In der von der EU-Kommission in den letzten Jahren finanzierten Forschung zum Thema Schutz von Tieren und Pflanzen vor ionisierenden Strahlen wurde derzeitiges Wissen über Strahleneffekte auf nichtmenschliche lebende Organismen zusammengetragen sowie Modelle zur Abschätzung von Strahlendosen entwickelt. Das BfS ist in diese Vorhaben eingebunden. Auch die entsprechenden Aktivitäten der internationalen Strahlenschutzorganisationen, wie z. B. der ICRP, werden mit großem Interesse verfolgt.

Bei der Erarbeitung eines Konzeptes zum Schutz von Tieren und Pflanzen vor ionisierender Strahlung orientieren sich die Überlegungen einerseits an den Methoden und Strategien beim Strahlenschutz des Menschen, die auf dem Konzept des hypothetischen Referenzmenschen basieren und auf den Schutz des Individuums abzielen. Andererseits sollen auch Ansätze berücksichtigt werden, wie sie Eingang in den konventionellen Umweltschutz gegenüber krankheitsverursachenden chemischen Substanzen (sog. chemische Noxen) gefunden haben. Der konventionelle Umweltschutz richtet sich grundsätzlich nicht am Schutz von Individuen aus, sondern am Schutz von Arten bzw.

von Fortpflanzungsgemeinschaften bildenden und in einem einheitlichen Areal zu findenden Gruppen von Individuen (Populationen) von Pflanzen und Tieren vor chemischen Schadstoffen. Dennoch werden deren Effekte oft auf der Grundlage der Schädigung einzelner Organismen untersucht. Ein Grund hierfür liegt vor allem darin, dass chemische Schadstoffe niedriger Konzentration sich für Kollektive von Organismen oft weniger belastend auswirken als schädliche Ereignisse, Bedingungen oder Einflüsse, die sich aus dem Lebensraum selber ergeben.

Bei den konzeptionellen Ansätzen zum Schutz von Flora und Fauna vor ionisierender Strahlung liegt der Fokus nicht zuletzt deshalb auf dem Schutz einzelner Organismen. Hierzu wird die Strahlenexposition lebender Organismen mit Hilfe von Modellen abgeschätzt und bewertet. Zur Ermittlung der Strahlenexposition werden analog zum Referenzmenschen hinsichtlich ihrer Lebensräume und -formen repräsentative Pflanzen und Tiere (so genannte Referenzorganismen) ausgewählt. Die Bewertung der Strahlenexposition erfolgt dann entweder durch Vergleich mit Dosis(schwell-)werten, unterhalb derer in bisherigen Untersuchungen keine schädigenden Effekte auf nichtmenschliche Organismen beobachtet wurden, oder aber durch Vergleich mit der natürlichen Strahlenexposition des Untergrundes unter Berücksichtigung bestehender Schwankungen. Beim Schutz der Natur vor ionisierender Strahlung wird davon ausgegangen, dass schädigende Effekte bei ganzen Populationen bzw. Arten von Flora und Fauna nur dann auftreten, wenn Effekte schon auf der Organisationsstufe von Individuen beobachtet werden können (s. Abb. rechts).

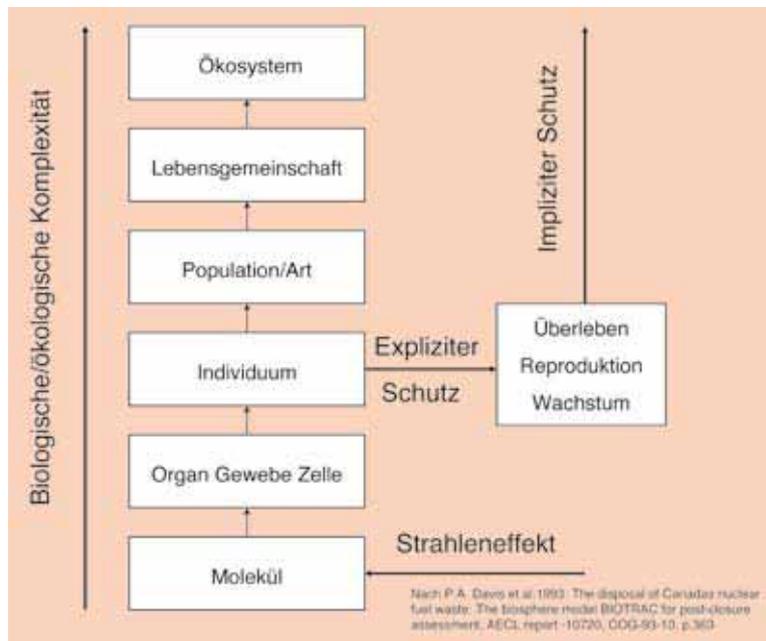
Ein konzeptionelles Problem ist zu erwähnen: Schon die natürliche Strahlenexposition kann in bestimmten, von Menschen nicht gezielt beeinflussten Ökosystemen bei einzelnen Organismen Werte erreichen, oberhalb der nach internationaler Übereinkunft gesundheitliche Schäden zu erwarten sind. Dosiskriterien zum Schutz von Flora und Fauna vor ionisierender Strahlung sollten diesem Umstand gerecht werden.

Zur Lösung wird ein Zwei-Schritte-Dosiskriterium vorgeschlagen:

Liegt die ermittelte jährliche Ganzkörperdosis der betrachteten Referenzorganismen unterhalb der Dosischwelle, oberhalb der nach jetzigem Wissensstand beobachtbare Effekte zu erwarten sind, können diese Organismen als ausreichend geschützt angesehen werden. Falls der Wert für die Dosischwelle überschritten wird, so sollte zum Schutz der Individuen von Flora und Fauna der durch menschliche Aktivitäten verursachte zusätzliche Dosisbeitrag (Dosisinkrement) begrenzt werden.

Die eingangs aufgeworfene Frage, ob Flora und Fauna vor ionisierenden Strahlen ausreichend geschützt ist, wenn der Mensch davor geschützt ist, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht allgemeingültig beantwortet wer-

den. Insbesondere in den Fällen, bei denen die Strahlenexposition von Pflanzen und Tieren um Größenordnungen höher als die des Menschen abgeschätzt wird, bedarf es noch detaillierterer Untersuchungen zu deren Wirkung.



Schematische Darstellung der Organisationsstufen, auf denen ein Strahleneffekt beobachtet werden kann. Beim vorliegenden Konzept zum Schutz der Natur vor ionisierender Strahlung wird vom Schutz des Individuums ausgegangen.

INTERNATIONALE VERGLEICHSANALYSE ZUR GAMMASPEKTROMETRISCHEN BESTIMMUNG DER NATÜRLICHEN RADIOAKTIVITÄT IN EINER BODENPROBE

Ansprechpartner:

Uwe-Karsten Schkade (030 18333-4267)

Seit Mitte der 50er Jahre hat die Bundesregierung eine Reihe von Bundesbehörden mit Leitaufgaben zur Überwachung der Umweltradioaktivität beauftragt. Zu den Leitaufgaben gehören: Forschungsarbeiten, insbesondere über die Kontaminationskette, die Entwicklung von Probenahme- und Analyseverfahren für verschiedene Umweltmedien (z. B. Wasser, Boden, Nahrungsmittel), die Auswertung von Messergebnissen, die Beratung der Bundesregierung und die Durchführung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung. Zur organisatorischen Umsetzung der Aufgaben wurden verschiedene Leitstellen aufgebaut, wobei die „Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei erhöhter natürlicher Radioaktivität (ENORM)“ im Jahre 2002 die Leitstelle Bergbau im Bundesamt für Strahlenschutz abgelöst hat. In Wahrnehmung der Aufgaben als Leitstelle ENORM werden u. a. praktische Untersuchungen zum Schutz der Bevölkerung bei natür-

lich vorkommenden radioaktiven Stoffen durchgeführt, beispielsweise die Ermittlung der spezifischen Aktivität des Bodens, um die davon ausgehende äußere Strahlenbelastung abschätzen zu können. Zusätzlich werden regelmäßig Vergleichsanalysen zur natürlichen Radioaktivität organisiert. Den Teilnehmern wird die Gelegenheit gegeben, die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit ihrer Analysen- und Messverfahren für Umweltmedien zu überprüfen und eine unabhängige Qualitätssicherung ihrer Verfahren vorzunehmen.

Als Ausgangsmaterial für die im Frühjahr 2006 durchgeführte 7. Vergleichsanalyse diente Boden vom Ort Sorge-Settendorf (Freistaat Thüringen) von einem Areal, bei dem die spezifische Ra-226-Aktivität des Bodens erfahrungsgemäß zwischen 1.100 und 1.300 Bq/kg liegt. Die beprobte Fläche betrug ca. 12 m². Das Ausgangsmaterial wurde in geeigneter Weise für die Vergleichsanalyse aufbereitet, so dass den Teilnehmern vergleichbares homogenes Probenmaterial von jeweils ca. 1 kg zur Verfügung gestellt werden konnte.

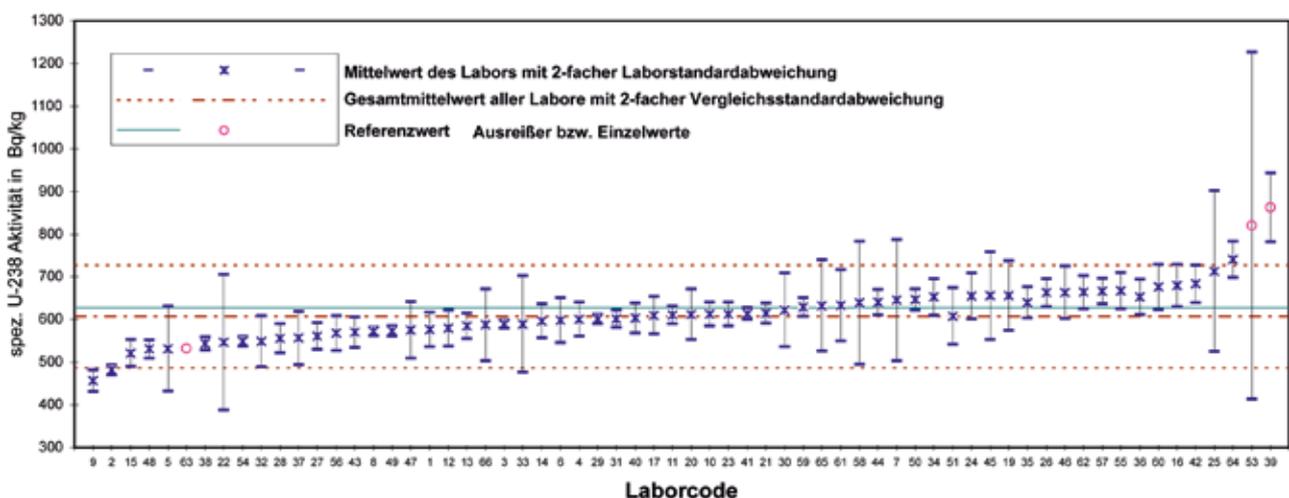
An der Vergleichsanalyse haben insgesamt 66 Laboratorien aus folgenden Bereichen teilgenommen: 3 Bundesbehörden (Leitstellen), 21 Landesmessstellen, 7 Universitäten, Hoch- und Fachschulen, 10 Institute, 10 Industrielaboratorien und 15 ausländische Messstellen.

Bei der Vergleichsanalyse waren die spezifischen Aktivitäten von U-238, U-235, Ra-226, Pb-210, Ra-228, Th-228, Ac-227, K-40 und Cs-137 direkt bzw. anhand von Folgeprodukten gamma-spektrometrisch zu bestimmen. Die statistische Auswertung der von den Teilnehmern übermittelten Daten erfolgte nach DIN 38402, Teil 42. Die Teilnehmer waren aufgefordert worden, jeweils fünf Einzelbestimmungen durchzuführen. Die statistische Auswertung der übermittelten Messergebnisse erfolgte, wenn mindestens zwei Einzelwerte für das jeweilige Radionuklid vorlagen. Um Teilnehmern, die nur eine Messung durchgeführt haben, dennoch einen Vergleich mit den Ergebnissen der anderen Teilnehmer zu ermöglichen, wurden de-

ren Einzelwerte in den graphischen Darstellungen jeweils ohne Streubereich angegeben. In der Abbildung unten sind beispielhaft die Ergebnisse der statistischen Auswertung für das Radionuklid U-238 dargestellt.

Die als Referenzwert vorgegebenen Ergebnisse der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) für die einzelnen Radionuklide konnten von allen Teilnehmern zum Vergleich herangezogen werden. Die Auswertung der Vergleichsanalyse hat gezeigt, dass die überwiegende Anzahl der Teilnehmer bei der gamma-spektrometrischen Bestimmung der natürlichen Radionuklide U-238, U-235, Ra-226, Ra-228, Th-228, Ac-227 und K-40 vergleichbare spezifische Aktivitäten bestimmt hat. Die besten Auswertemöglichkeiten ergaben sich für die Radionuklide Cs-137, Ra-226 und K-40, bei denen jeweils 64 bzw. 63 Teilnehmer in die statistische Auswertung einbezogen wurden (siehe Abbildung auf Seite 56). Für die statistische Auswertung des Radionuklids Pb-210 standen mit 49 die wenigsten Labormittelwerte zur Verfügung. Dies deutet darauf hin, dass die gamma-spektrometrische Bestimmung von Pb-210 von vielen Teilnehmern als schwierig eingeschätzt wurde, da für die Bestimmung von Pb-210 nur eine Gammalinie niedriger Energie von 46,54 keV zur Verfügung steht. Eine unterschiedliche Materialzusammensetzung von Kalibrier- und Messprobe spielt wegen der sich unterschiedlich auswirkenden Absorption der Gamma-Strahlung in den Materialien eine große Rolle und musste von den Teilnehmern in geeigneter Weise durch Korrektur der Pb-210-Messwerte berücksichtigt werden.

Eine Besonderheit des Probenmaterials lag darin, dass die Radionuklide der Uran/Radium-Zerfallsreihe U-238, Ra-226 und Pb-210 sowie die Radionuklide der Uran/Actinium-Zerfallsreihe U-235 und Ac-227 innerhalb der jeweiligen Zerfallsreihe nicht im radioaktiven Gleichgewicht vorlagen, d. h. die im Allgemeinen zu erwartenden gleichen spezifischen Aktivitäten der Radionuklide innerhalb der jeweiligen Zerfallsreihe waren im Probenmaterial nicht gegeben. Bei der Auswer-

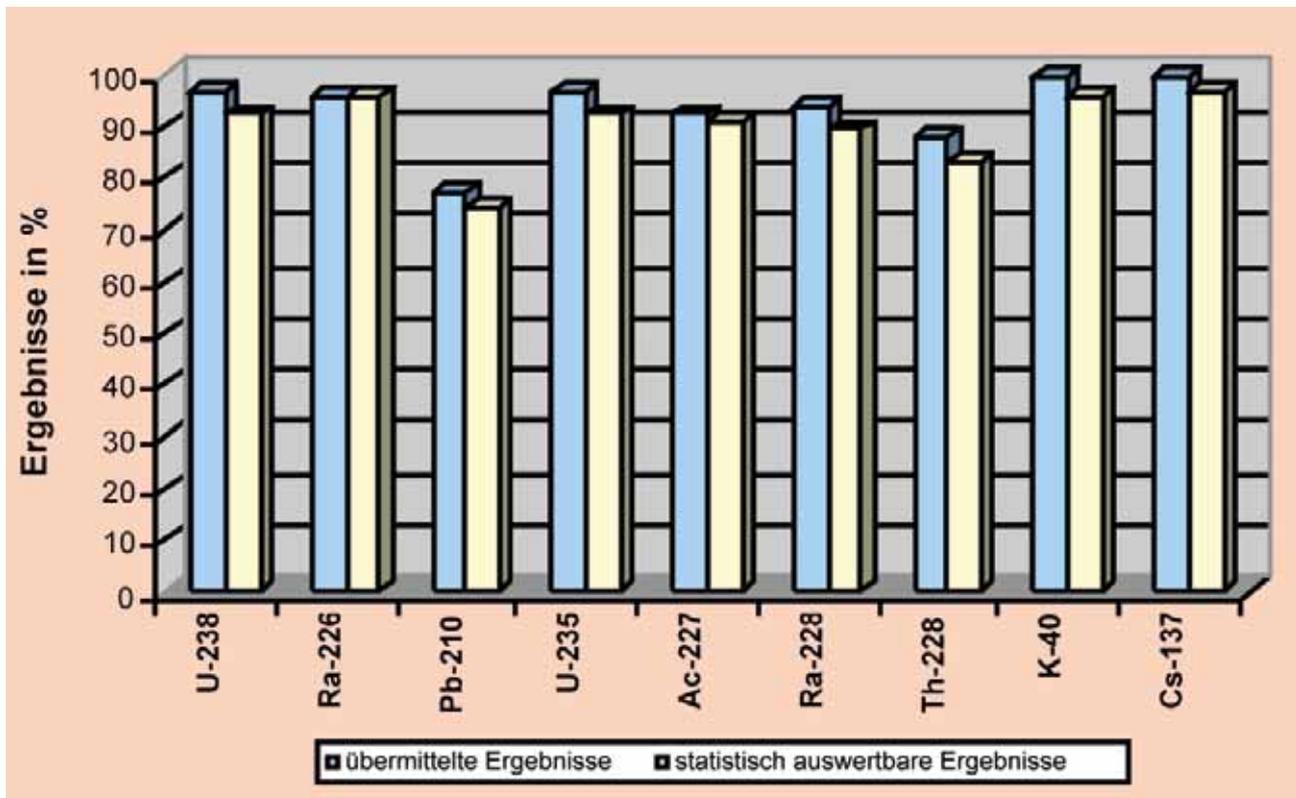


Von den Teilnehmern (Laborcode) ermittelte spezifische Aktivität des Radionuklids U-238

tung stellte insbesondere das Radionuklid Pb-210 in diesem Zusammenhang ein Problem dar, da von einigen Teilnehmern, in Umgehung der oben genannten Besonderheit, vom Gleichgewicht (von gleichen spezifischen Aktivitäten) zwischen Ra-226 und Pb-210 ausgegangen worden ist. Diese Annahme war nicht korrekt. Das gute Gesamtergebnis der Vergleichsanalyse

darf deshalb an dieser Stelle nicht überbewertet werden.

Die Durchführung von Vergleichsanalysen durch das BfS wird in den nächsten Jahren fortgesetzt. Vorgesehen ist die radiochemische Analyse einer Feststoffprobe.



Prozentsätze an übermittelten und statistisch auswertbaren Ergebnissen

AUSGEWÄHLTE EINZELTHEMEN

NUKLEARSPEZIFISCHE GEFAHRENABWEHR IM JAHR 2006

Ansprechpartner:

Michael Hoffmann (030 18333-4130)

Gemäß § 2 Absatz 5 des BfS-Errichtungsgesetzes umfasst die nuklearspezifische Gefahrenabwehr (NGA) folgende Aufgaben:

Bei Verlust oder Fund von radioaktiven Stoffen oder dem Verdacht von Straftaten im Zusammenhang mit radioaktiven Stoffen werden die zuständigen Polizei-, Strafverfolgungs- oder Katastrophenschutzbehörden der einzelnen Bundesländer tätig. Diese können in schwerwiegenden Fällen Amtshilfe durch Institutionen des Bundes anfordern. Zur Gewährleistung dieser Hilfe wurde die Zentrale Unterstützungsgruppe des Bundes (ZUB) für gravierende Fälle der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr aufgestellt. In ihr unterstützen Spezialkräfte des Bundeskriminalamtes, der Bundespolizei und des Bundesamtes für Strahlenschutz gemeinsam die Bediensteten der Bundesländer.

Das Bundesamt für Strahlenschutz stellt seine Fachkunde im Strahlenschutz unter anderem auch Behörden der Gefahrenabwehr (Polizei, Landes-Umweltbehörden) und des Katastrophenschutzes (Feuerwehr, Rettungsdienste, Notfallmedizin) in Fällen der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr (NGA) zur Verfügung. Von Bedeutung sind dabei für diese Institutionen die Möglichkeiten des BfS, insbesondere

- in messtechnischer Hinsicht (zum Beispiel zum Aufspüren und Identifizieren radioaktiver Stoffe in der Umwelt oder zur Messung der radiologischen Belastung von Menschen),
- zur Abschätzung potenzieller oder bereits eingetretener Strahlenbelastungen der Bevölkerung und/oder von Einsatzkräften,
- zur radiologischen Bewertung von Ereignissen und/oder Situationen,
- zur Beratung über mögliche Maßnahmen in radiologischer und/oder medizinischer Hinsicht.

Ein Arbeitsschwerpunkt im Jahr 2006 war die Planung und Vorbereitung der Maßnahmen zur Absicherung der Fußballweltmeisterschaft 2006. Insbesondere die Vielzahl von zu überwachenden Sicherheitsbereichen (Stadien, Public-Viewing-Plätze, Hotels) stellte die Sicherheitsbehörden vor eine schwierige Aufgabe. Das BfS unterstützte die Behörden mit über 70 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.

Polonium-210 in Hamburg

Einen Einsatzfall bestand die ZUB im Zusammenhang mit der Vergiftung des Herrn Litvinienko mittels des Radioisotops Polonium-210 (Po-210). Ein Teilnehmer des

Treffens am 1. November 2006 in London, bei dem Litvinienko vermutlich die tödliche Po-210-Dosis verabreicht wurde, war Herr Kovtun. Gemäß den Ermittlungen der Polizei Hamburg war Kovtun Ende Oktober in Hamburg. Es bestand die Vermutung, dass Spuren von Po-210 an den Aufenthaltsorten Kovtuns in Hamburg vorhanden sein könnten. Daraufhin wurde am 08.12.2006 vom Land Hamburg die ZUB zur Unterstützung angefordert.

Im Rahmen des ZUB-Einsatzes haben Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des BfS eine Vielzahl von Örtlichkeiten, die Herr Kovtun mutmaßlich aufgesucht haben konnte, auf Spuren von Polonium-210 hin untersucht. Polonium-210 emittiert Alpha-Strahlung, die nur auf wenige Zentimeter wirksam ist und bereits durch ein Blatt Papier wirksam abgeschirmt werden kann. Dieser Umstand stellt eine besondere Herausforderung für Messungen dar. Für den Menschen gefährlich ist Polonium-210, wenn es in den Körper gelangt. Bereits eine aufgenommene Menge von 0,1 Mikrogramm führt innerhalb weniger Tage strahlungsbedingt zum Tode.

Die in Hamburg an wenigen Stellen aufgefundenen Polonium-210-Spuren betragen im höchsten Fall etwa ein Zehnmillionstel dieser Menge. Ein gesundheitliches Risiko für die Bevölkerung und auch für die Einsatzkräfte konnte damit zu jeder Zeit ausgeschlossen werden.

Schutz der Bevölkerung vor den Folgen einer Schmutzigen Bombe

Wer in Internet-Suchmaschinen den Begriff „Dirty Bomb“ eingibt, erhält siebenstellige Trefferraten. Dies zeigt die Popularität des Begriffs und der Diskussion um die hiervon ausgehende mögliche Bedrohung. Im Sprachgebrauch der Internationalen Atomenergie-Organisation IAEA sind „Schmutzige Bomben“ Vorrichtungen mit konventionellem Sprengstoff, denen radioaktive Stoffe beigemischt oder beigefügt sind. Der konventionelle Sprengstoff soll dazu dienen, die radioaktiven Stoffe in der Umwelt zu verteilen. In den USA spricht man daher von Vorrichtungen zur Ausbringung und Verbreitung von Radioaktivität – Radioactive Dispersion Devices (RDD), in Deutschland von USBV-A. Diese Abkürzung steht für Unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtung, das „A“ in diesem Zusammenhang für atomar. Die Verwendung einer „Schmutzigen Bombe“ und vergleichbare Szenarien gelten derzeit als möglicher Fall einer missbräuchlichen Verwendung radioaktiven Materials.

Die radiologischen Gefahren einer „schmutzigen Bombe“ werden im Allgemeinen überschätzt. Selbst für größere Cäsium-137-Quellen lägen auch in unmittelbarer Nähe des Freisetzungsortes, d. h. außerhalb des unmittelbaren Wirkkreises der Explosion, die Dosiswerte für die Bevölkerung so niedrig, dass spezielle Maßnahmen des Strahlenschutzes, wie etwa das Verweilen im Haus oder gar eine Evakuierung, nicht erforderlich wären. Et-

was anderes gilt im Fall einer Verwendung von Plutonium-239, das bekanntermaßen eine wesentlich höhere Radiotoxizität aufweist als alle anderen zu berücksichtigenden Nuklide. Hier sind Szenarien denkbar, bei denen in der näheren Umgebung bis zu wenigen Kilometern Entfernung vom Freisetzungsort Maßnahmen des Notfallschutzes erforderlich werden, da Effektivdosiswerte um 100 mSv für die sich dort aufhaltenden Personen nicht ausgeschlossen werden können. 100 mSv Effektivdosis ist der Wert, der auch im Katastrophenschutz Anwendung findet zur Beantwortung der Frage, wann nach einem kerntechnischen Unfall eine Evakuierung der Bevölkerung durchzuführen ist.

Jenseits objektivierbarer Feststellungen zum radiologischen Gefährdungspotenzial können Assoziationen mit bekannten Folgen radioaktiver Strahlung und den möglichen gesundheitlichen Effekten zu psychosozialen Effekten wie Unsicherheit (Autoritarismus, Aggression), Überforderung (Distress, Überlauf), Angst und überschießenden Reaktionen (Hysterie, Hyperaktivität und Überkommunikation) in der Bevölkerung führen. Insbesondere die Assoziation mit den Kernwaffen, mit den verheerenden Folgen der Atomwaffeneinsätze von Hiroshima und Nagasaki, mit der latenten Bedrohungssituation während des Kalten Krieges, verbunden mit dem Gefühl der persönlichen Ohnmacht in Bezug auf die Gefahrwahrnehmung – der Mensch besitzt keine Sinnesorgane für Strahlung – und auf die Gefahrbeherrschung führen zu diesen Konsequenzen.

Ausgehend vom Erkenntnisstand im allgemeinen Notfallschutz hat das BfS auch für den Bereich der terroristischen Bedrohungen Untersuchungen zu den Methoden einer notwendigen Information der Öffentlichkeit in Auftrag gegeben. Im Untersuchungsvorhaben „Öffentlichkeitsarbeit und Maßnahmen bei außerordentlichem (nicht auf kerntechnische Anlagen bezogenem) nuklearem Notfallschutz bei neuen Bedrohungsformen: Informationsvorsorge und -bewältigung im Falle von Nuklearterrorismus“ werden diese Fragestellungen derzeit untersucht. Erste Ergebnisse zeigen, dass auch die gesellschaftliche Diskussion um die Risiken der Kernkraft eine in diesem Zusammenhang wichtige Größe ist, weil sie die Kommunikationsfähigkeit der Betroffenen (Staat und Bürger) beeinflusst.

Neben der Entwicklung von Strategien für eine Öffentlichkeitsarbeit nach einem Ereignis kommt der vorsorgenden Information eine hohe Bedeutung zu.

Fachgrundlagen am Beispiel des Programmsystems LASAIR

Von besonderer Bedeutung ist es, bei einem möglichen terroristischen Angriff oder einer Straftat mit radioaktiven Substanzen, die potenzielle Kontamination der Umwelt und die daraus resultierende Strahlenbelastung schnell abzuschätzen, um den bestmöglichen Schutz für die Bevölkerung und auch für die Einsatzkräfte zu gewährleisten. Eine wesentliche Unterstützung für die Einsatzleitung zur taktischen Entscheidung für die Vorgehensweise bei einer Bedrohung ist die Abschätzung des

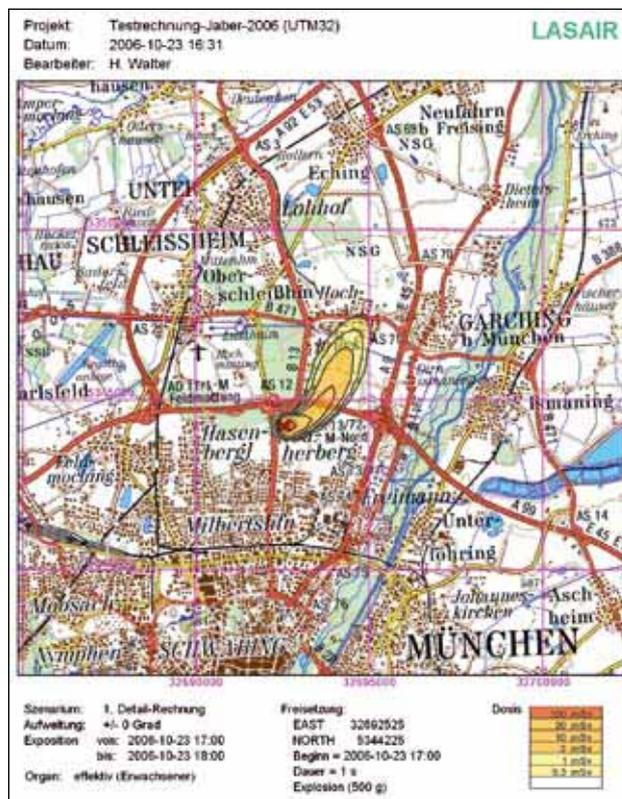
Gefährdungspotenzials einer radioaktiven Substanz, die möglicherweise durch eine gewollt herbeigeführte Freisetzung in die Atmosphäre verbreitet wird. Die Kenntnis über die mögliche Ausbreitung liefert wertvolle Hinweise. Für die Berechnung der atmosphärischen Ausbreitung wird vom BfS das Programmsystem LASAIR eingesetzt.

Die Basis von LASAIR ist ein Ausbreitungsmodell, welches für radioaktive Schwebstoffe den Transport, die Diffusion und die Ablagerung auf dem Boden in der atmosphärischen Grenzschicht nach einer Freisetzung simuliert. Einflüsse durch die meteorologischen Gegebenheiten, wie z. B. Windgeschwindigkeit, Windrichtungsänderungen, verschiedene atmosphärische Schichtungen oder Niederschlag, können genauso berücksichtigt werden wie der Einfluss der vorherrschenden Bodenrauigkeit auf die Windströmung. Das System ist so ausgelegt, dass es mit einem Minimum von Eingabeparametern eine belastbare Aussage zur Ausbreitung in der Atmosphäre für den lokalen Bereich geben kann.

Als Ergebnis des Entscheidungshilfemodells LASAIR stehen den Einsatzverantwortlichen die zu erwartende

- Radioaktivität in der bodennahen Luft,
- die Deposition der Radionuklide am Boden und
- die Strahlenbelastung durch Inhalation

zur Verfügung.



Beispiel eines fiktiven Szenariums mit Freisetzung von radioaktiven Substanzen nach einer Explosion mit Darstellung der Inhalationsdosis

Die Ergebnisse werden in Form von Isolinien in Übersichtskarten dargestellt (Abb. auf Seite 58). Aufgrund dieser Informationen können Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung getroffen werden.

Die Ergebnisse dienen auch dazu, den Einsatz des Personals so zu steuern, dass eine Strahlenexposition durch das Einatmen radioaktiver Stoffe während des Durchzugs der Wolke vermieden wird. Unmittelbar nach einer Explosion sind die Berechnungen Grundlage für Messstrategien zur Ermittlung der Umweltkontamination. Die Karten geben Aufschluss darüber, wo Messungen bevorzugt durchzuführen sind.

MELDEPFLICHTIGE EREIGNISSE IN KERnteCHNISCHEN EINRICHTUNGEN 2006 - TEIL DER BETRIEBSERFAHRUNGEN

Ansprechpartner:

Matthias Reiner (030 18333-1570)

Die Störfallmeldestelle des BfS hat die Aufgabe, alle meldepflichtigen Ereignisse, die in deutschen kerntechnischen Einrichtungen (Kernkraftwerken, Forschungsreaktoren, Anlagen der Kernbrennstoffver- und -entsorgung) auftreten, zu erfassen, zu dokumentieren und für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit auszuwerten. Das BfS unterstützt damit das BMU bei der Unterrichtung der Öffentlichkeit über solche Ereignisse und trägt durch deren systematische Auswertung dazu bei, dass Störungen im Betriebsablauf in kerntechnischen Einrichtungen bereits im Vorfeld vermieden werden können. Die meldepflichtigen Ereignisse aus den eigenen oder anderen Kraftwerken sind Teil der Betriebserfahrungen, die von den Betreibern der deutschen Kernkraftwerke sowie den Aufsichtsbehörden und deren Sachverständigen ausgewertet werden. Dabei sind auch die internationalen Betriebserfahrungen mit einzubeziehen, die z. B. über das INES-Informationssystem der IAEA gemeldet werden (www.news.iaea.org/news).

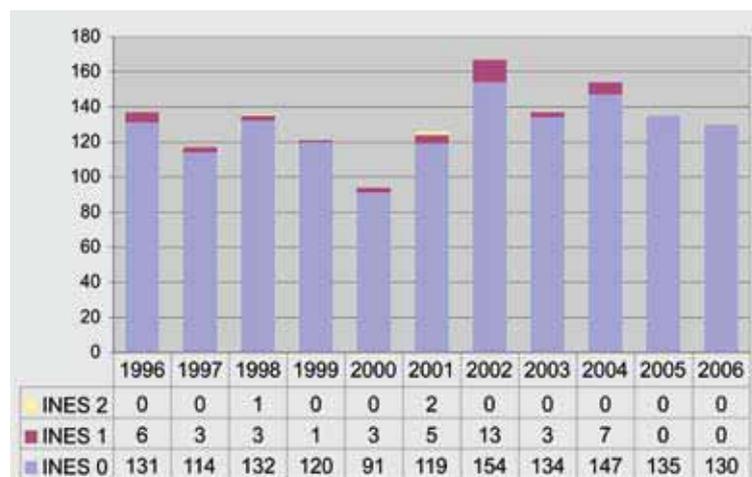
Am Beispiel des Ereignisses im schwedischen Kernkraftwerk Forsmark 1 am 25.07.2006 „Nichtstarten von zwei Notstromdieselaggregaten beim Ausfall der Netzanbindung“ kann gezeigt werden, wie die Umsetzung ausländischer Betriebserfahrungen auf deutsche Kernkraftwerke im Jahr 2006 erfolgte.

Auslöser des Störfalls im Block 1 des Kernkraftwerkes Forsmark war ein zweipoliger Kurzschluss durch fehlerhaftes Öffnen eines Trenners im schwedischen Energieversorgungshauptnetz. Wegen des Kurzschlusses regelte der Generatorspannungsregler die Spannung auf ein Maximum. Nach der Netztrennung durch den Blockschutz stand damit kurzfristig eine Überspannung in der Eigenbedarfsversorgung der Anlage an. Diese Überspannung verursachte einen Ausfall von sicherheitstechnisch wichtigen Wechselrichtern in der unter-

brechungslosen Stromversorgung. Dies führte zum Zuschaltversagen von zwei der vier Notstromdieselaggregate. Die zwei automatisch gestarteten Notstromdieselaggregate waren für das Abfahren jedoch ausreichend (4 x 50 %-Auslegung) und die Anlage wurde in den sicheren Zustand abgefahren.

Das Ereignis wurde als INES-2-Meldung (Störfall) im INES-Informationssystem bekannt gegeben. Durch das BMU wurde kurzfristig eine Prüfung der Übertragbarkeit des Ereignisablaufes auf die deutschen Kernkraftwerke veranlasst, wobei eine spezielle Prüfung im Kernkraftwerk Brunsbüttel wegen der dort ebenfalls vorhandenen Abhängigkeit der Notstromversorgung von Wechselrichtern erfolgte. Die zuständigen Behörden haben festgestellt, dass wegen anderer technischer Ausführungen und zusätzlich vorhandener unabhängiger Notstandsnotstromversorgungen eine direkte Übertragbarkeit dieses Ereignisses auf die Kernkraftwerke in Deutschland nicht gegeben ist. Das Forsmark-Ereignis wird jedoch zum Anlass genommen, eine Überprüfung der deutschen Anlagen auf Robustheit gegen extern oder intern verursachte Spannungsschwankungen, Kurzschlüsse und elektromagnetische Einwirkungen in der Notstromversorgung durchzuführen. Zugleich wird das Potenzial für „Gemeinsam verursachte Ausfälle“ sowie der Umgang mit den technischen Spezifikationen bei Prüfungen und Änderungen untersucht.

Das nachfolgende Diagramm zeigt eine Übersicht über die in den Jahren 1996 bis 2006 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.



Meldepflichtige Ereignisse in deutschen Kernkraftwerken 1996-2006

Wie aus dem Diagramm zu entnehmen ist, wurden 2006 aus deutschen Kernkraftwerken 130 meldepflichtige Ereignisse gemeldet. Davon wurden 126 Ereignisse in die Meldekatgorie N (Normal) und 4 Ereignisse in die

Kategorie E (Eilt) eingestuft. Alle 130 Ereignisse wurden der INES-Stufe 0 (keine oder sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung) zugeordnet.

Als Ereignis der Meldekategorie E aus dem in Stilllegung befindlichen Kernkraftwerk Greifswald wurde der Anfall kontaminierter Wässer in Räumen des gemeinsamen Spezialgebäudes gemeldet. Eine Verschleppung in Bereiche außerhalb des Betriebsgeländes bzw. Auswirkungen auf das Personal und die Umgebung waren nicht zu verzeichnen. Bei dem Ereignis „Funktionsstörung an einer Gebäudeabschlussklappe am Sicherheitsbehälter“ im Kernkraftwerk Gundremmingen (Meldekategorie E) wurde eine eingeschränkte Zuverlässigkeit des Lüftungsabschlusses diagnostiziert. Zu einem Ereignis der Kategorie E kam es, als nach einer erfolgreich durchgeführten Prüfung der Gebäudeabschlussarmaturen im Kernkraftwerk Brokdorf irrtümlich ein Steuerventil des Druckhalter-Abblaseventils betätigt wurde, was zum Öffnen des Druckhalter-Abblaseventils und infolgedessen zur Verringerung des Primärkühlmitteldruckes von 156 bar auf 150 bar führte. Der stationäre Vollastbetrieb der Anlage wurde durch die Störung nicht beeinträchtigt. Ein weiteres Ereignis der Meldekategorie E wurde aus dem Kernkraftwerk Emsland gemeldet. Infolge von Instandhaltungsvorgängen stand für einen kurzen Zeitraum nur noch die auslegungsgemäß erforderliche Anzahl von zwei Sicherheitsteileinrichtungen (4 x 50 % - Auslegung) zur Verfügung. Die ausführlichen Beschreibungen aller meldepflichtigen Ereignisse der Meldekategorien E oder S bzw. mit einer INES-Einstufung größer als Stufe 0 sind in den Berichten der Störfallmeldestelle auf der Internetseite des BfS enthalten (www.bfs.de/kerntechnik/ereignisse/berichte).

Im September 2006 wurde erstmals über mangelhaft ausgeführte Dübelbefestigungen für Rohrleitungen im Kernkraftwerk Biblis berichtet, später auch aus den Kernkraftwerken Gundremmingen und Krümmel sowie aus dem Forschungsreaktor FRM-II (alle Ereignisse in der Meldekategorie N und INES-Stufe 0). Es handelte sich um spezielle Schwerlastdübel, die nicht ordnungsgemäß montiert wurden. Die Dübel werden zur Befestigung von Halterungen großer Rohrleitungen eingesetzt, die in einigen Fällen auch erdbebensicher sein müssen. In allen Fällen werden die Dübelbefestigungen fachgerecht saniert.

Aus den deutschen Forschungsreaktoren mit mehr als 50 kW thermischer Dauerleistung wurden im Jahr 2006 sechs (2005: 13) meldepflichtige Ereignisse gemeldet. Alle sechs Ereignisse wurden in der Kategorie N gemeldet und in die INES-Stufe 0 eingeordnet.

Aus den Anlagen zur Kernbrennstoffver- und -entsorgung wurden im Jahr 2006 insgesamt 23 (2005: 23) Ereignisse erfasst. Alle 23 Ereignisse wurden in der Meldekategorie N und 22 Ereignisse in der INES-Stufe 0 gemeldet. Ein Ereignis – „Leckage in der Behälterdekontamination mit Kontamination der Bodenwanne durch

uranhaltige Lösung“ – in der Urananreicherungsanlage Gronau am 25.07.2006 wurde in die INES-Stufe 1 (betriebliche Störung) eingestuft. Aufgrund einer defekten Dichtung war uranhaltige Flüssigkeit in die Bodenwanne des Behälters ausgetreten. Der betroffene Bereich wurde dekontaminiert. Eine Freisetzung oder Verschleppung radioaktiver Stoffe in die Umgebung war nicht aufgetreten.

DOKUMENTATION DER IN DEN DEUTSCHEN KERNKRAFTWERKEN ERZEUGTEN STROMMENGEN

Ansprechpartner:

Johann Hutter (030 18333-1567)

Durch das am 27.04.2002 in Kraft getretene geänderte Atomgesetz (AtG) wird die Kernenergienutzung geordnet beendet. Die entsprechenden Vorschriften zur Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität sind in § 7 Abs. 1a bis 1d AtG geregelt. 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 01. Januar 2000 noch produzierbaren Strommengen sind in der Anlage 3 zu § 7 Abs. 1a AtG enthalten. Sie sind in der Vereinbarung (Konsensvereinbarung) zwischen der Bundesregierung und den die Kernenergie nutzenden Energieversorgungsunternehmen (EVU) vom 14. Juni 2000/11. Juni 2001 dort festgelegt worden und ergeben für jedes Kernkraftwerk eine Gesamtbetriebszeit von ungefähr 32 Jahren. Für einige der älteren Anlagen wie das Kernkraftwerk Stade (KKS) und das Kernkraftwerk Obrigheim (KWO) bedeutete dies zum 14. November 2003 bzw. 11. Mai 2005 die endgültige Betriebseinstellung. Für weitere vier Kernkraftwerke wird dies voraussichtlich in den Jahren 2008 und 2009 der Fall sein (u.a. Kernkraftwerk Biblis Block A – KWB-A).

Beim Bundesamt für Strahlenschutz werden die in den Kernkraftwerken erzeugten Strommengen erfasst und im Bundesanzeiger veröffentlicht. Diese Veröffentlichung erfolgt jährlich, bei einer voraussichtlichen Restlaufzeit von weniger als sechs Monaten monatlich. Alle Daten der erzeugten Strommengen werden überprüft. Hierzu veranlassen die EVU regelmäßig die Überprüfung der Messgeräte durch unabhängige Sachverständige. Weiterhin wird die ordnungsgemäße Buchführung über die erzeugten Strommengen von einer Wirtschaftsprüfungsgesellschaft regelmäßig geprüft und bescheinigt. Einzelheiten zur Messung der Strommengen und Datenübermittlung, zur Eichfähigkeit der Messgeräte und zur Bestätigung durch unabhängige Sachverständige und Prüfer sind zwischen den Betreibern der Kernkraftwerke, dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und dem BfS abgestimmt worden. Mit Inkrafttreten des novellierten AtG begann ab dem Monat Mai 2002 die monatliche Mitteilungs-

pflicht der Daten an das BfS. Die zum Jahresende 2006 relevanten Daten der erzeugten Strommengen für den Zeitraum vom 01.01.2000 bis 31.12.2006 sind im Bundesanzeiger vom 16.03.2007 veröffentlicht worden. Die Tabelle gibt somit auch den Stand der Reststrommengen zum 31.12.2006 wieder.

Übertragung bedarf jedoch nach AtG einer Zustimmung durch das zuständige Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramt (BK) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi, www.bmwi.de).

Erzeugte Elektrizitätsmengen (netto) der deutschen Kernkraftwerke, Übertragung von Produktionsrechten und Erfassung der Reststrommengen							
Vom 1. Januar 2000 bis 31. Dezember 2006 erzeugte elektrische Nettoarbeit und Reststrommengen [GWh] - Jahresmeldung 2006							
Kernkraftwerk	Reststrom- menge ab 01.Jan. 2000 gem. § 7 Abs. 1a AtG	1. Jan. 2000 bis 31. Dez. 2003	Summe 2004	Summe 2005	Summe 2006	bisher über- tragene Strom- mengen	verbleibende Reststrom- menge
Obrigheim*	8.700,00	10.749,15	2.592,99	857,75	0,00	5.499,89	0,00
Stade**	23.180,00	18.394,47	0,00	0,00	0,00		4.785,53
Biblis A	62.000,00	24.333,88	9.635,95	7.353,88	6.995,31		13.680,98
Neckarwestheim 1	57.350,00	24.395,23	5.928,46	5.882,68	6.182,17		14.961,46
Biblis B	81.460,00	33.673,27	8.762,06	6.885,01	8.300,58		23.839,08
Brunsbüttel	47.670,00	17.314,68	4.873,16	6.027,24	5.967,39		13.487,53
Isar 1	78.350,00	26.429,12	6.771,06	7.336,92	6.808,10		31.004,80
Unterweser	117.980,00	36.302,07	9.724,03	8.890,64	10.391,46		52.671,80
Philippsburg 1	87.140,00	26.912,67	6.354,52	5.838,77	6.911,89	-5.499,89	35.622,26
Grafenrheinfeld	150.030,00	40.470,56	10.129,42	10.105,98	9.424,88		79.899,16
Krümmel	158.220,00	35.137,24	9.626,67	9.243,37	10.177,78		94.034,94
Gundremmingen B	160.920,00	40.005,44	10.283,07	10.299,94	10.085,79		90.245,76
Philippsburg 2	198.610,00	41.799,98	10.316,71	10.834,66	10.967,39		124.691,26
Grohnde	200.900,00	43.707,45	10.695,42	10.840,94	10.995,69		124.660,50
Gundremmingen C	168.350,00	40.316,91	8.470,48	10.015,64	10.542,96		99.004,01
Brokdorf	217.880,00	44.451,97	11.040,82	11.400,69	11.201,33		139.785,19
Isar 2	231.210,00	46.237,96	11.595,28	11.102,56	11.755,26		150.518,94
Emsland	230.070,00	44.074,42	11.147,20	10.887,83	11.147,60		152.812,95
Neckarwestheim 2	236.040,00	41.230,32	10.470,68	10.836,41	10.877,47		162.625,12
Summe	2.516.060,00	635.936,79	158.417,98	154.640,91	158.733,05	5.499,89	1.408.331,27
Mülheim-Kärlich	107.250,00						107.250,00
Gesamtsumme	2.623.310,00						1.515.581,27
Die Angaben in der Spalte 6 "Summe 2006" enthalten die von den Wirtschaftsprüfern gemäß § 7 Abs. 1a AtG geprüften Werte.							
* Das Kernkraftwerk Obrigheim wurde am 11.05.2005 außer Betrieb genommen. ** 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.							

Erzeugte elektrische Nettoarbeit und Reststrommengen der deutschen Kernkraftwerke Ende 2006

Mitgeteilt werden müssen auch übertragene Stromproduktionsrechte. Hierbei kann ein in der Regel älteres und kleineres Kernkraftwerk produzierbare Strommengen auf ein jüngeres Kernkraftwerk übertragen. Mit dieser Regelung soll die unternehmerische Flexibilität erhalten und gleichzeitig darauf hingewirkt werden, dass ältere Kernkraftwerke vorzeitig außer Betrieb gehen. Eine Übertragung ist grundsätzlich auch von einem neueren auf ein älteres Kernkraftwerk möglich. Diese

Eine Reststrommengenübertragung von „neu auf alt“ wurde in der Vergangenheit bereits von den Energiewerken Baden-Württemberg (EnBW AG) beantragt und im Januar 2003 durchgeführt. Dabei wurden in der Folge 5.500 Gigawattstunden (GWh) vom Kernkraftwerk Philippsburg 1 (KKP1) auf KWO übertragen. Dies hatte eine Laufzeitverlängerung der Anlage KWO von etwas mehr als zwei Betriebsjahren und eine zu erwartende Laufzeitverkürzung für die Anlage KKP1 von ca. 10 Monaten zur Folge.

Am 26.09.2006 beantragte die RWE Power AG beim BMU die Übertragung von 30.000 GWh des Kontingents von 107.250 GWh aus der stillgelegten Anlage Mülheim-Kärlich (KMK) auf das Kernkraftwerk Biblis A (Variante A) bzw. hilfsweise die Übertragung von 30.000 GWh vom Kernkraftwerk Emsland (KKE) auf Biblis A (Variante B). Ebenso legte die EnBW AG am 21.12.2006 einen Antrag auf Übertragung einer Strommenge von 46.900 GWh von der Anlage Neckarwestheim 2 (GKN2) auf die Anlage Neckarwestheim 1 (GKN1) vor.

Weiterhin wurde im ersten Quartal 2007 (06.03 2007) für das Kernkraftwerk Brunsbüttel (KKB) von der Vattenfall Europe ein Antrag auf Strommengenübertragung aus dem Stromkontingent des früheren Atomkraftwerkes Mülheim-Kärlich (KMK) in Höhe von 15.000 GWh gestellt.

MODERNISIERUNG DES ODL-MESSNETZES - AKTUELLE ENTWICKLUNGEN UND PERSPEKTIVEN

Ansprechpartner:

Ulrich Stöhlker (030 18333-6730)

Das Ortsdosisleistungs(ODL)-Messnetz bestand im Frühjahr 2006 30 Jahre. Das Messnetz wurde vom ehemaligen Bundesamt für Zivilschutz (BZS) aufgebaut mit dem Ziel, die Bevölkerung im Kriegsfall nach dem Einsatz atomarer Waffen zu warnen. Im Jahr 1986 wurde begonnen, einen neuen Sondentyp einzuführen, um das Messnetz auch für Messungen im Bereich des Grundpegels der Umweltradioaktivität zu ertüchtigen. Mit dem neuen Sondentyp lassen sich zuverlässig Erhöhungen der Ortsdosisleistung um 30 nSv/h erkennen. Damit war es möglich, die Erhöhung der externen Strahlenbelastung, z. B. in Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl, zu messen. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands wurde das Messnetz auf die neuen Bundesländern ausgedehnt mit einem mittleren Sondenabstand im Grundraster von ca. 15 km. Gegenwärtig sind 2.150 Messsonden in Betrieb.

Um die Qualität des Messnetzes zu erhalten, sind permanent Weiterentwicklungen notwendig. Mit der Übernahme des Messnetzes im Jahr 1997 wurden die technischen Ausstattungen und die Organisationsform den Anforderungen des BfS angepasst. Im Mittelpunkt stand die Modernisierung und Vereinheitlichung der eingesetzten Messsysteme. Ein Meilenstein für die Notfallvorsorge war es, das Messnetz auf einen Abfragetakt von 10 Minuten zu ertüchtigen. Damit wird sichergestellt, dass die Ausbreitung einer radioaktiven Wolke nahezu online verfolgt werden kann. Die Entscheidungsträger können, basierend auf diesen Messungen, betroffene Gebiete früh und zuverlässig identifizieren und ggf. Maßnahmen einleiten.

Zur Modernisierung der Datenübertragung wurde ein neuer Messwertsender auf Basis des Betriebssystems Li-

nux durch das BfS hard- und softwaretechnisch realisiert und 1.400 Stück zur Beschaffung in Auftrag gegeben. Mit diesem System wird künftig auch der Nachweis kleinräumig erhöhter Umweltradioaktivität verbessert. Während bei den Messwertsendern alter Bauart technische Störungen nicht zweifelsfrei von radiologischen Effekten unterscheidbar sind, wird hier zur Vermeidung von Fehlalarmen eine Frühwarnung nur dann ausgelöst, wenn zwei benachbarte Messstellen im zeitlichen Abstand von einer Stunde eine Schwellenwertüberschreitung melden. Mit Hilfe der neuen Messwertsender kann künftig bereits der signifikante ODL-Anstieg an einer einzelnen Messstelle gesichert nachgewiesen werden, wodurch sich die Alarmierungszeiten durch das Messnetz deutlich verkürzen.

In einem radiologischen Notfall sind zur Bewertung der Lage neben der ODL auch Kenntnisse des Radionuklid-spektrums und der Höhe der nuklidspezifischen Radionuklidablagerungen wesentlich. Deshalb wurde der neue Messwertsender so konzipiert, dass auch die Ergebnisse spektroskopischer Messverfahren übertragen werden können. Parallel werden im Rahmen einer Kooperation mit der Universität Freiburg Detektoren auf Cadmium-Zink-Tellurid-Basis (CZT) entwickelt und getestet, die auch bei Raumtemperatur in der Lage sind, spektroskopisch zu messen. Gegenwärtig sind zwei dieser Systeme auf dem Brocken und auf dem Schauinsland im Betrieb. Zurzeit erfüllen diese Detektoren mit einer Energieauflösung von ca. 2 Prozent (bezogen auf Cs-137)



Spektroskopische Sonde (im Vordergrund) und klassische ODL-Sonde im Parallelbetrieb auf dem Brocken

noch nicht die Anforderungen der Umweltüberwachung an In-situ-Messsysteme. Langfristig sieht man diese Detektoren aber als Alternative zu den Geiger-Müller-Zählrohren, da es mit dieser neuartigen Technik möglich sein wird, gleichzeitig die ODL und das Radionuklid-spektrum in der notwendigen Sensitivität zu messen.

Bezüglich Redundanz und Ausfallsicherheit werden hohe Anforderungen an das Messnetz gestellt. In jedem der sechs Messnetzknotten wird ein so genannter Kommunikationsrechner betrieben, der jeweils über eine autonome kommunikationstechnische Infrastruktur verfügt und Daten sämtlicher Sonden in dem zugeordneten Messnetzbereich aggregiert. Das Konzept der hoch redundanten Auslegung der IT-Infrastruktur soll sicherstellen, dass die Verfügbarkeit von Daten zur Bewertung der radiologischen Situation jederzeit gewährleistet ist.

Intensiviert wurde in den letzten Jahren die Zusammenarbeit mit den Bundesländern. Das BfS tauscht mit ihnen die Daten der ODL-Messstellen aus, die im 25-km-Umkreis um kerntechnische Anlagen verdichtet installiert sind. Die Länder betreiben diese Messstellen im Rahmen der Kernkraftwerksfernüberwachung (KFÜ).

Im Rahmen einer Kooperation zwischen dem BfS und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB, www.ptb.de) auf dem Gebiet des Qualitätsmanagements wurde eine Charakterisierung von ODL-Messsystemen – basierend auf wissenschaftlichen Kriterien – erarbeitet und die Abhängigkeit der Geräteanzeige von ODL-Sonden von der kosmischen Strahlung bestimmt.

Harmonisierung der ODL-Messnetze auf europäischer Ebene

Nicht nur in Deutschland, sondern in allen europäischen Ländern, sind ODL-Messnetze zur kontinuierlichen Überwachung der äußeren Strahlenbelastung eingerichtet. Der Aufbau dieser Messsysteme und die Darstellung der Ergebnisse erfolgten bisher weitgehend ohne gegenseitige Abstimmung. Einige nordeuropäische Staaten modernisieren gegenwärtig ihre landesweiten Messnetze. Vor diesem Hintergrund schlug die Arbeitsgruppe „Nuclear and Radiation Safety“ des Ostseerates (CBSS) vor, eine Expertengruppe einzuberufen, um die Möglichkeit einer Harmonisierung der Messmethoden und -strategien zu prüfen. Unter finnischer, dänischer, schwedischer, norwegischer und deutscher Beteiligung wurden Betriebs-, Einsatz- und Nutzungskonzepte der Messnetze analysiert und eine umfassende Empfehlung zur Harmonisierung nationaler ODL-Messnetze erarbeitet. Diese Empfehlungen werden bei der inzwischen in der Phase der Umsetzung begriffenen Modernisierung der Messnetze berücksichtigt. Eine Fortsetzung der Kooperation und die Vereinheitlichung mit den Vorhaben der EU sind geplant.

Radioaktivitätsmessdaten werden im Rahmen der EU unter Nutzung der European Data Exchange Platform (EURDEP) bereits seit ca. 10 Jahren ausgetauscht. Um eine bessere Vergleichbarkeit der ausgetauschten Daten zu gewährleisten, beteiligte sich das BfS im Jahr 2004 an

dem EU-Forschungsvorhaben AIRDOS, in dem die Eigenschaften der nationalen ODL- und Luftmessnetze zusammengetragen wurden. Auf Basis der so gewonnenen europaweiten Information wurden Empfehlungen zur Ausstattung von ODL- und Luft-Messnetzen und zur Erhebung und Interpretation von Messdaten gegeben. Eine Aussage des Berichts ist die Empfehlung zur Durchführung von Qualitätssicherungsmaßnahmen. Darin wird explizit auf die eingerichteten Referenz- bzw. Interkalibrationsmesstellen auf dem Schaausland verwiesen, wo bereits ODL-Sonden aus Frankreich, der Schweiz, Österreich und Finnland in Betrieb sind.

Aufbauend auf den bisherigen Aktivitäten der vergangenen Jahre beteiligt sich das BfS ferner im internationalen Rahmen an dem neuen EU-Forschungsvorhaben Interoperability and Automated Mapping (INTAMAP), mit dem Ziel der automatisierten Visualisierung und Validierung europaweit erhobener Daten der Umweltradioaktivität.

NEUE BIOKINETISCHE MODELLE UND DOSISKOEFFIZIENTEN DER ICRP

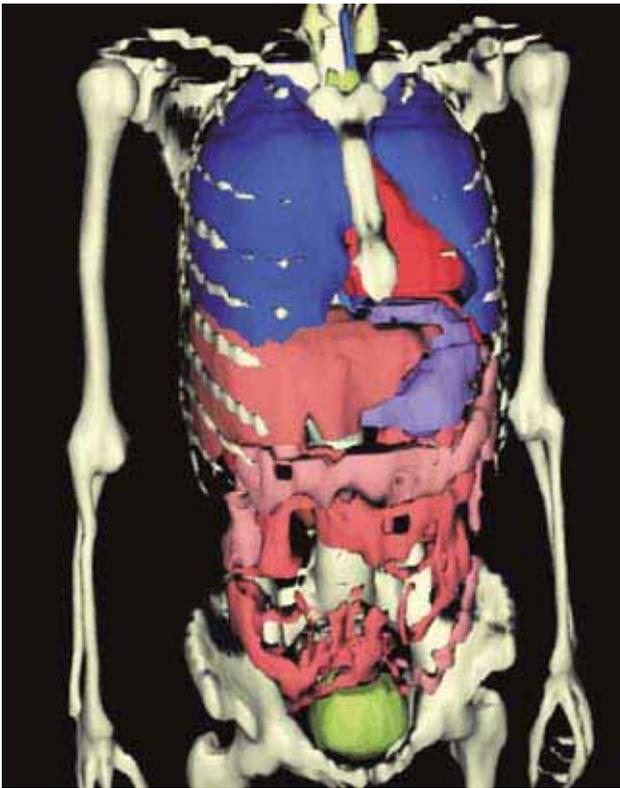
Ansprechpartner:

Dietmar Noßke (030 18333-2330)

Da die Dosis bei Inkorporation von Radionukliden (die sog. „interne Dosis“) nicht gemessen werden kann, werden zu ihrer Abschätzung biokinetische und dosimetrische Modelle benötigt. Derzeit entwickelt die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP, www.icrp.org) neue Modelle für die Berechnung von Dosiskoeffizienten bei interner Strahlenexposition für den beruflichen Strahlenschutz auf der Basis neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse. Das BfS ist in die Arbeiten der Arbeitsgruppen „Internal Dosimetry (INDOS)“ und „Dose Calculations (DOCAL)“ fachlich eingebunden.

Biokinetische Modelle beschreiben die Verteilung der Radionuklide im Körper, ihren Aufenthalt in einzelnen Körperregionen sowie ihre Ausscheidung. Sie dienen der Berechnung der Anzahl der Zerfälle der Radionuklide in den einzelnen Körperregionen, in denen sie sich anreichern. Biokinetische Modelle gibt es für den Atemtrakt, den Verdauungstrakt und für den systemischen Kreislauf. Für den Atemtrakt wird weiterhin das etablierte ICRP-Modell verwendet, wobei allerdings für verschiedene Elemente und Verbindungen realistischere Parameter für den Absorptionvorgang ins Blut verwendet werden. Für den Verdauungstrakt hat die ICRP ein neues Modell entwickelt. Dieses löst die alten, auf Modellentwicklungen aus den 60er Jahren basierenden Modellansätze ab.

Die mathematischen Phantome werden durch wesentlich realistischere medizinische Volumenmodelle, sog. Voxelmodelle, abgelöst. Diese setzen sich aus Querschnittsaufnahmen des menschlichen Körpers zusam-



Voxelmodell eines männlichen Erwachsenen („Golem“)

men, die mittels der Computertomographie (CT) angefertigt und in viele kleine Volumenelemente (Voxel) zerlegt wurden, die alle bestimmten Organen bzw. Geweben des Menschen zugeordnet werden (siehe Abb. oben).

Voxelmodelle stellen das Abbild eines Menschen dar; sie sind aber nicht repräsentativ für einen sog. „Referenzmenschen“, für den die ICRP Dosiskoeffizienten angibt. Deshalb wurden im Rahmen eines vom BfS initiierten Untersuchungsvorhabens Voxelmodelle von erwachsenen Männern und Frauen entwickelt, die in ihrer Statur den „Referenzpersonen“ ähnlich sind. Des Weiteren wurden Berechnungsverfahren eingesetzt, um die Organmassen und die Körpergrößen an die entsprechenden Werte der Referenzpersonen von ICRP anzupassen.

Mit solchen Voxelmodellen des erwachsenen Referenzmannes und der erwachsenen Referenzfrau wurden dosimetrische Parameter berechnet, mit deren Hilfe die ICRP-Dosiskoeffizienten für beruflich Strahlenexponierte berechnet werden können. Damit werden die Voraussetzungen für die Umsetzung der Ergebnisse im praktischen Strahlenschutz geschaffen. Die Voxelmodelle werden auch verwendet zur Berechnung der Dosisleistung bei äußerer Bestrahlung durch Radionuklide, die in der Luft enthalten oder auf dem Boden abgelagert sind.

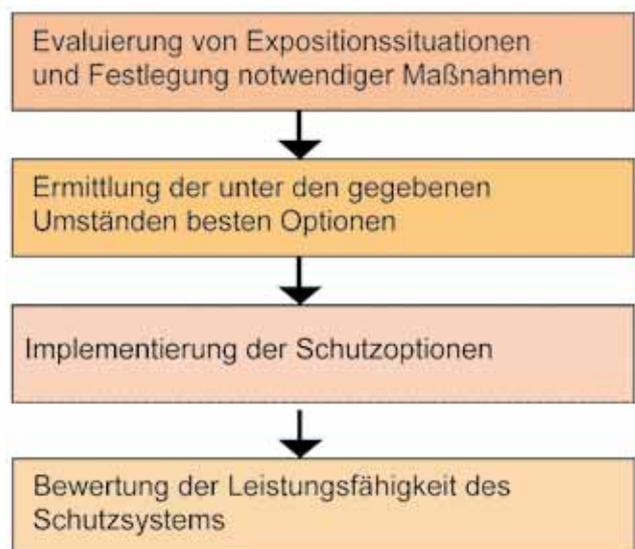
EUROPÄISCHES ALARA-NETZWERK - 10 JAHRE NETZWERKARBEIT ZUR OPTIMIERUNG DES SCHUTZES BEI STRAHLENANWENDUNGEN IN MEDIZIN, INDUSTRIE UND FORSCHUNG

Ansprechpartnerin:

Annemarie Schmitt-Hannig (030 18333-2110)

Eine der wichtigsten Säulen des Strahlenschutzes ist die Annahme, dass es keinen Schwellenwert gibt, unterhalb dessen das strahlungsbedingte Risiko den Wert Null annimmt. Es wird stattdessen angenommen, dass das Risiko stetig (linear) mit der Dosis abnimmt. Daraus hat die Internationale Strahlenschutzkommission bereits vor mehr als 50 Jahren die Notwendigkeit abgeleitet, beim Umgang mit ionisierenden Strahlen eine Strahlenexposition von Mensch und Umwelt auch unterhalb der Grenzwerte so gering zu halten, wie dies mit vernünftigen Mitteln machbar ist (Optimierung des Schutzes). Diese Forderung ist allgemein als das ALARA¹-Prinzip bekannt. Sie wird im deutschen Strahlenschutzrecht durch das Minimierungsgebot umgesetzt. Das ALARA-Prinzip wurde über die Jahre hinweg immer mehr verfeinert (ICRP-Publikation 101), die Grundzüge sind im folgenden Schema dargestellt.

Das Europäische ALARA-Netzwerk (EAN) ist seit 10 Jahren erfolgreich im Bereich der Optimierung des Strahlenschutzes auf den unterschiedlichen Anwendungsgebieten tätig. Die Koordinierung des Netzwerks, dem mittlerweile Vertreter aus über 20 europäischen Strahlenschutzorganisationen, u.a. auch das BfS, angehören, erfolgt beim Centre D'étude sur L'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire (CEPN) in Fontenay-aux-Roses (Frankreich).



Schematische Übersicht über das Optimierungsverfahren

¹ALARA : As Low As Reasonably Achievable, zu deutsch: so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar

Ziele des 1996 gegründeten Netzwerks sind die

- Reduzierung beruflicher Strahlenexpositionen in Europa durch Optimierung der Schutzmaßnahmen in Industrie, Forschung und Medizin,
- Förderung des Einsatzes geeigneter Maßnahmen unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus den verschiedenen Arbeitsbereichen und die Bekanntmachung praxistauglicher Optimierungsverfahren,
- Erarbeitung von Empfehlungen für verschiedene Zielgruppen, insbesondere die Europäische Kommission und die nationalen Strahlenschutzorganisationen, zur Erforschung und praxistauglichen Anwendung von erprobten Maßnahmen und Verfahren sowie die Empfehlung für regulatorische Maßnahmen, falls erforderlich.

Die Ziele orientieren sich an den Notwendigkeiten eines praxisbezogenen Strahlenschutzes in der Gesellschaft. EAN leistet mit seiner Arbeit einen wichtigen Beitrag zur Etablierung einer Sicherheitskultur in den Institutionen, die mit ionisierender Strahlung und radioaktiven Stoffen umgehen.

Zur Erreichung der Ziele von EAN werden folgende Maßnahmen ergriffen:

- Die Durchführung von ALARA-Workshops.
- Die Erarbeitung von 2 ALARA-Newslettern pro Jahr.
- Der Aufbau und die Pflege der EAN-Website (www.eu-alara.net, 300 Besucher täglich).
- Die Bildung von Unternetzwerken und Arbeitsgruppen für spezielle Fragestellungen.

Bisher wurden 10 ALARA-Workshops zu zentralen Fragen des praktischen Strahlenschutzes durchgeführt, deren Empfehlungen u.a. die Europäische Kommission ebenso wie die zuständigen nationalen Strahlenschutzbehörden bei ihrer Regelungsarbeit unterstützen. Die bei den Workshops erarbeiteten Empfehlungen flossen ein in internationale Empfehlungen (z. B. ICRP) und gesetzliche Regelungen für den Strahlenschutz (Strahlenschutz- und Röntgenverordnung).

Auf allen Workshops werden Querschnittsthemen wie die

- Formulierung einer gemeinsamen Sicherheitskultur im nicht-nuklearen Bereich,
- Beteiligung der Betroffenen an Entscheidungsprozessen (stakeholder involvement),
- Berücksichtigung des integrierten Risikoansatzes,
- Verbesserung der Optimierungsmaßnahmen durch konsequente Umsetzung der Erfahrungen, die man aus besonderen Vorkommnissen gezogen hat,
- einheitliche Aus- und Weiterbildung im Strahlenschutz

behandelt.

Neben der Weiterführung und Erweiterung der bisher erfolgreichen Arbeit des Netzwerks wird es in Übereinstimmung mit den in Entwicklung befindlichen neuen Empfehlungen der ICRP in den nächsten Jahren folgende neue Akzente geben:

- Unterstützung von beteiligungsorientierten Entscheidungsprozessen („Stakeholder-Involvement“).
- Vermittlung der wesentlichen Inhalte der neuen ICRP-Empfehlungen und Unterstützung bei deren Interpretation und Praxiseinführung über die vorhandenen Netzwerkkanäle.
- Unterstützung der ALARA-Netzwerkbildung in anderen Regionen der Welt in Zusammenarbeit mit der IAEA.

DIE BEDEUTUNG MIKROBIOLOGISCHER PROZESSE IN HALDEN UND ABSETZANLAGEN FÜR DEN PRAKTISCHEN STRAHLENSCHUTZ

Ansprechpartnerin:

Gisela Henze (030 18333-4243)

Die Fähigkeit einiger Mikroorganismen, Uran aus uranhaltigen Erzen zu mobilisieren, ist seit längerem bekannt. Sie wurde versuchsweise sogar zur industriellen Urangewinnung (bioleaching) genutzt. Die stattfindenden Prozesse sind komplexer Natur und mit nicht-biologischen Prozessen verflochten. Näheres zu den Vorgängen im natürlichen Urankreislauf wurde von R. W. Boyle bereits 1982 in „Geochemical prospecting for thorium and uranium deposits“ beschrieben.

Die Bedeutung dieser Prozesse für die strahlenschutzfachliche Bewertung von Halden und Absetzanlagen des Alt- und Uranbergbaus, die in großer Zahl in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen liegen, wurde allerdings bis in die jüngste Vergangenheit auch unter Fachleuten kontrovers diskutiert. Dies und der erwartete zusätzliche Aufwand für die Untersuchung solcher Phänomene führte dazu, dass sie im Rahmen des in den 1990er Jahren durchgeführten Projektes „Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten (Altlastenkataster)“ nicht explizit berücksichtigt wurden. Gleiches gilt derzeit für den „Leitfaden zur radiologischen Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten“, mit dessen Entwicklung das BfS in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre begann und dessen Ziel es ist, Entscheidungen über die Sanierung von Halden und Absetzanlagen des Alt- und Uranbergbaus auf der Basis einheitlicher, wissenschaftlich begründeter und zugleich ökonomisch vernünftiger Methoden zu treffen.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse neuerer Untersuchungen in den zurückliegenden zehn Jahren war die Frage nach der Bedeutung der Mikrobiologie für die Radionuklidfreisetzung aus Halden und Absetzanlagen mit dem Sickerwasser erneut zu stellen. Zu ihrer Beantwortung ließ das BfS im Rahmen des UFOPLAN des BMU ein Untersuchungsvorhaben durchführen. Aufbauend auf dem aktuellen Stand des Wissens wurden typische mikrobiologische Populationen in Bergbahnhalden und der mikrobiologische Anteil an der Freisetzung von Uran und anderen Radionukliden aus Hal-

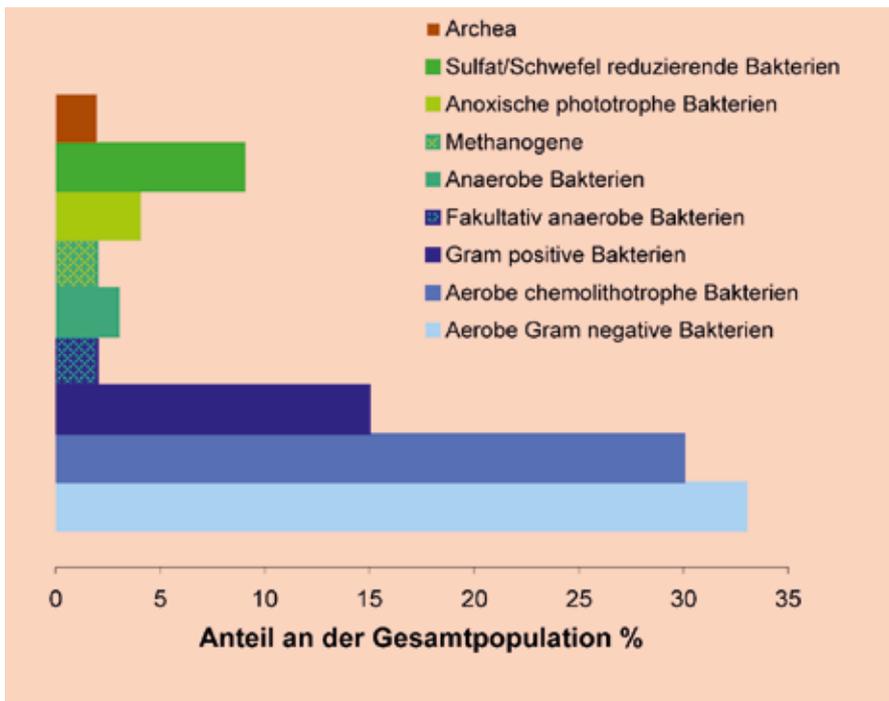
den und Absetzanlagen mit dem Sickerwasser beschrieben und im Hinblick auf die über den Wasserpfad mögliche Strahlenexposition bewertet. Als Ergebnis des Vorhabens zeigte sich, dass Mikroorganismen in allen Halden und Absetzanlagen des Alt- und Uranbergbaus aktiv sind und unter bestimmten Bedingungen das Freisetzungsgeschehen in einem Maße mitbestimmen können, dass dies aus Strahlenschutzsicht nicht außer Acht gelassen werden sollte. Die folgende Abbildung gibt einen Eindruck von der Gattungsvielfalt von Mikroorganismen in radioaktiv belasteten Böden.

Trotz – oder gerade wegen – der hohen Komplexität der Freisetzungsprozesse und nach wie vor bestehen-

der Wissenslücken ist die Einbindung der Mikrobiologie in den Leitfaden empfehlenswert, um seine Nutzer bei der Untersuchung und Bewertung dieser Phänomene zu unterstützen.

Um die Entscheidung des BfS über die Weiterentwicklung des Leitfadens auf eine wissenschaftlich breitere Basis zu stellen, wurde Anfang 2006 zusätzlich eine Fachdiskussion „Mikrobiologie in Halden und Absetzanlagen“ durchgeführt, zu der das BfS ausgewiesene Fachleute aus Forschung und Praxis eingeladen hatte. Dieses Gremium vertrat einhellig die Auffassung, dass die Berücksichtigung der Mikrobiologie trotz aller ungelöster Fragen die Zuverlässigkeit von Entscheidungen über Art und Umfang von Maßnahmen zum

Schutz der Bevölkerung vor unzulässigen Strahlenexpositionen durch bergbauliche Altlasten erhöhen kann. Dem erhöhten Untersuchungsaufwand stehen optimierte Schutzmaßnahmen und -methoden gegenüber. Eine Weiterentwicklung des Leitfadens ist in Vorbereitung. Dass die Berücksichtigung der Mikrobiologie bei der Prognose von Schadstofffreisetzungen unumgänglich ist, wird auch von den Ergebnissen der umfangreichen Untersuchungen bestätigt, die im Rahmen des Förderschwerpunktes „Sickerwasserprognose“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung durchgeführt wurden (Projektabschluss 2007).



Gattungsvielfalt in radioaktiv belasteten Böden (Angaben in % nach Häufigkeit der Nennung in der Literatur)

Bfs: FAKTEN UND ZAHLEN

HAUSHALT UND PERSONAL

Ansprechpartner: Reinhard Naß (030 18333-1201)

Am 1. November 1989 wurde das Bundesamt für Strahlenschutz gegründet.

Das Bfs ist eine organisatorisch selbständige wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Nach § 2 des Errichtungsgesetzes erledigt das Bfs Verwaltungsaufgaben des Bundes auf den Gebieten des Strahlenschutzes einschließlich der Strahlenschutzvor-

Das Bfs ist Genehmigungs- und Zulassungsbehörde, z. B. bei der Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlung am Menschen in der medizinischen Forschung sowie bei der Beförderung von Kernbrennstoffen und Großquellen.

Das Bfs besteht aus vier Fachbereichen und der Zentralabteilung. Das Bfs hat seinen Hauptsitz in Salzgitter-Lebenstedt. Weitere Standorte sind Oberschleißheim-Neuherberg bei München, Berlin-Karlsdorf, Freiburg und Bonn.

Das Bfs hatte 2006 im Jahresdurchschnitt 652 Beschäftigte. Die nachfolgende Tabelle dokumentiert die Verteilung der Beschäftigten auf die Standorte und die Zuordnung zu den Laufbahnen.

Dienstort	Höherer Dienst	Gehobener Dienst	Mittlerer Dienst	Einfacher Dienst	Auszubildende	Gesamt
Salzgitter	109	70	87	10	26	302
Berlin	39	14	39	9	3	104
Neuherberg	73	43	40	8	6	170
Freiburg	10	6	10	3	1	30
Bonn	19	3	11	2	-	35
Gorleben	-	1	1	-	-	2
Rendsburg	1	1	5	2	-	9
	251 (39 %)	138 (21 %)	193 (30 %)	34 (5 %)	36 (5 %)	652 (100 %)

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

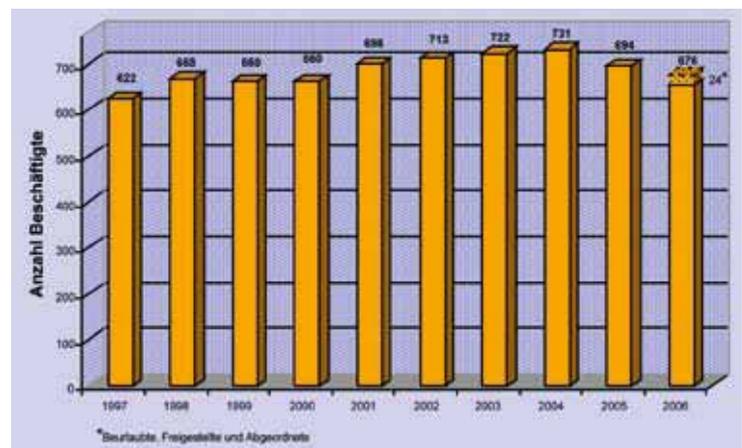
sorge sowie der kerntechnischen Sicherheit, der Beförderung radioaktiver Stoffe und der Entsorgung radioaktiver Abfälle einschließlich der Errichtung und des Betriebs von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung, die ihm durch das Atomgesetz, das Strahlenschutzvorsorgegesetz oder andere Bundesgesetze oder auf Grund dieser Gesetze zugewiesen sind bzw. werden.

Auf den vorgenannten Gebieten unterstützt das Bfs das BMU fachlich und wissenschaftlich, insbesondere bei der Wahrnehmung der Bundesaufsicht, der Erarbeitung von Rechts- und Verwaltungsvorschriften sowie bei der zwischenstaatlichen Zusammenarbeit.

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

Die Entwicklung der Beschäftigtenzahl zeigt die folgende Grafik.

Die Verringerung der Beschäftigtenzahl 2006 beruht im Wesentlichen auf einer Änderung der Bemessungsgrundlage der Beschäftigten. Bisher wurden alle Beschäftigten einschließlich der Beurlaubten, Freigestellten und der Abgeordneten berücksichtigt (mit diesen hatte das Bfs im Jahresdurchschnitt 676 Beschäftigte).

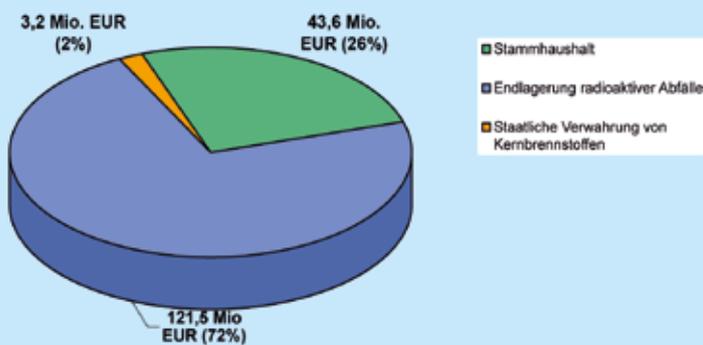


Entwicklung der Beschäftigtenzahl im Bfs

Ab 2006 erfolgt dies nur noch bezüglich der aktiv für das BfS Tätigen.

Der Beschäftigtenzuwachs in 1998 beruht auf der Übernahme des Ortsdosisleistungs-Messnetzes vom ehemaligen Bundesamt für Zivilschutz und entsprechender Umsetzung von Stellen in den Haushalt des BfS. Der Zuwachs in 2001 ist 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.

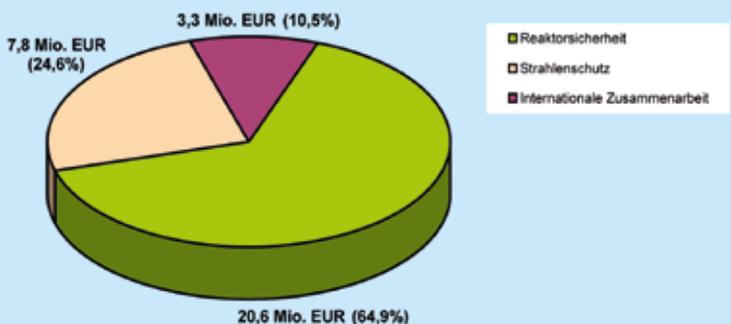
Dem BfS standen 2006 zur Erfüllung seiner Aufgaben ca. 168,3 Millionen Euro zur Verfügung, die sich wie folgt verteilen:



Haushaltsausgaben 2006 im BfS

Von den Ausgaben für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Höhe von 121,5 Mio. € gehen allein 98,4 Mio. € für die Endlagerprojekte 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 2006 Haushaltsmittel in Höhe von 31,7 Millionen Euro für folgende Bereiche zur Verfügung:



Ausgaben 2006 für die Ressortforschung

MODERNISIERUNG DES BUNDESAMTES FÜR STRAHLENSCHUTZ

Veränderte politische Rahmenbedingungen in Deutschland, eine global angespannte Sicherheitslage sowie neue wissenschaftliche Erkenntnisse im Bereich des Strahlenschutzes, der Entsorgung von radioaktiven Abfällen, der Lagerung abgebrannter Brennelemente und der kerntechnischen Sicherheit haben in den vergangenen acht Jahren zusätzliche Herausforderungen für das Bundesamt für Strahlenschutz geschaffen. Neue Schwerpunktsetzungen bei gleichzeitig abnehmendem Personalbestand erforderten und erfordern den Einsatz moderner Führungs- und Steuerungsinstrumente sowie Anpassungen der Aufbauorganisation.

Das BfS hat sich den Herausforderungen, den neuen Aufgabenfeldern und Fragestellungen gestellt, Lösungsstrategien entwickelt und jeweils adäquate Maßnahmen ergriffen. Als dienstleistungs- und kundenorientierte Behörde ist die permanente Überprüfung und Optimierung von internen Abläufen und Prozessen integraler Bestandteil des Selbstverständnisses des BfS. Dabei ist die Einbeziehung von externem Sachverstand unerlässlich.

Im Verlauf dieses Prozesses fand eine vom Bundestag veranlasste Evaluierung des BfS und 17 weiterer Behörden des Bundes durch den Wissenschaftsrat statt, deren Ergebnisse eine öffentliche Diskussion um die Aufgaben und den Stellenwert der Ressortforschung in Bundeshoheit auslösten. Eine vom Bundesumweltminister und BfS-Präsidenten beauftragte Arbeitsgruppe „Modernisierung des Bundesamtes für Strahlenschutz“ legte im Dezember 2006 einen Bericht mit Empfehlungen für die Entwicklung des Amtes vor, in dem sie sich aber auch kritisch mit den Ergebnissen des Wissenschaftsrates auseinandersetzte. Leider sind demnach die meisten Anregungen des Wissenschaftsrates nicht auf das besondere Aufgabenprofil des BfS zugeschnitten, welches im Errichtungsgesetz verankert ist.

Im Mittelpunkt des Berichtes dieser Beratergruppe steht die Feststellung, dass der Wissenschaftsrat fälschlicherweise die Forschung als eine Hauptfunktion des BfS ansieht. Das BfS ist jedoch eine wissenschaftlich-technische Verwaltungsbehörde mit Forschungsbezug und keine quasi universitäre Forschungseinrichtung.

Die Beratergruppe zieht daraus den Schluss, dass eine grundlegende Neuausrichtung des BfS, wie sie der Wissenschaftsrat fordert, nicht in Betracht kommen kann. Das schließt allerdings Bemühungen nicht aus, die wissenschaftliche Kompetenz des BfS weiter zu stärken.

Vor diesem Hintergrund empfiehlt die Beratergruppe eine Modernisierungsstrategie mit folgenden, für das BfS wesentlichen Eckpunkten:

Das Verhältnis von BMU und BfS gegenüber der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (GRS) und der Deutschen Gesellschaft für Bau und Betrieb von Endlagern (DBE) sollte überprüft und so weit wie möglich entflochten werden. Es bedürfte einer klaren Aufgabenabgrenzung auch im Hinblick auf die Fragen, welche Aufgaben hoheitlich wahrzunehmen sind und welche durch private Unternehmen erfüllt werden können.

Es sei zu prüfen, wie die Aufgabenwahrnehmung zwischen BMU und BfS weiter verbessert werden kann. Ziel müsste es sein, im BMU vorrangig die ministerielle Arbeit zu konzentrieren und dem BfS so mehr Freiraum für eigenständige Facharbeit zu schaffen.

Das BfS müsse wieder in die Lage versetzt werden, die ihm übertragenen gesetzlichen Aufgaben in vollem Umfang erfüllen zu können. Eine hinreichende finanzielle und personelle Ausstattung sei Voraussetzung dafür,

aber gegenwärtig in einzelnen Bereichen nicht mehr gewährleistet.

Der Bericht der Arbeitsgruppe „Modernisierung des Bundesamtes für Strahlenschutz“ ist unter www.bfs.de im Internet unter Home>In eigener Sache>Modernisierung veröffentlicht. Er hat die Adresse http://www.bfs.de/bfs/presse/pr/Modernisierung_BfS.pdf. Im gleichen Bereich befindet sich auch eine Bilanz der Arbeit des BfS von 1998 bis 2006. Sie hat die Adresse http://www.bfs.de/bfs/In_eigener_Sache.html/Bilanz_2006.pdf.

Das BfS hat die Empfehlungen des Wissenschaftsrates, der Arbeitsgruppe sowie Ergebnisse des BfS-internen Diskussionsprozesses „BfS 2011“ ausgewertet und bewertet und einen Handlungskatalog entwickelt, der teilweise durch das BfS selbst, teilweise nur gemeinsam mit dem BMU abgearbeitet werden kann. Die entsprechenden Initiativen sind eingeleitet, um das BfS zukunftsfähig zu halten.

PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Ansprechpartner:

Dirk Daiber (030 18333-1310)

Neue Broschüre „Tschernobyl – 20 Jahre danach“

Am 26. April 1986 ereignete sich im Block 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl in der Ukraine der bisher schwerste Unfall in der Geschichte der Nutzung der Kernenergie. Dies führte dazu, dass während der darauf folgenden Tagen große Mengen radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre freigesetzt und über die Nordhalbkugel, insbesondere über Europa, verteilt wurden. Die daraus resultierende radioaktive Kontamination in den betroffenen Gebieten variierte erheblich in Abhängigkeit vom Auftreten und Stärke des Niederschlags während des Durchzugs der radioaktiven Luftmassen. In Deutschland wurde der Süden, bedingt durch heftige lokale Niederschläge, deutlich höher belastet als der Norden.

Die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl hatte schwerwiegende radiologische, gesundheitliche und soziologische Auswirkungen auf die Bevölkerung in Weißrussland, Russland und der Ukraine. Auf schmerzliche Weise wurde deutlich, dass eine Kernschmelze kein hypothetisches, sondern ein sehr reales Risiko darstellt.

Anlässlich dieses Jahrestages hat das BfS eine Broschüre erstellt. Die Broschüre „Tschernobyl – 20 Jahre danach“ beleuchtet die Katastrophe aus unterschiedlichen Blickwinkeln. Sie gibt einen Überblick über die Umweltfolgen in Deutschland sowie die Gesundheitsfolgen in der Umgebung von Tschernobyl und auch in Deutschland. Es werden Konsequenzen im Notfallschutz, anlagentechnische Konsequenzen, Unterstützungsmaßnahmen für Länder, die Reaktoren sowjetischer Bauart betreiben,



Präsentation des Unterrichtsmaterials zum Thema Mobilfunk auf der didacta

Fragen der Reaktorsicherheit in Osteuropa und die derzeitige Situation in Tschernobyl dargestellt. Ein Kapitel der Broschüre behandelt „Erfahrungen und Erinnerungen aus Ost und West“, in dem Mitarbeiter aus dem Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes (Westdeutschland) und dem Staatlichen Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz der DDR über die damalige Situation, Messungen der Umweltradioaktivität, Informationsfluss, Empfehlungen, Information der Bevölkerung, Erfahrungen und Konsequenzen berichten.

Die Broschüre, die in gedruckter Form und im Internet veröffentlicht ist, wurde von Bürgerinnen und Bürgern sehr stark nachgefragt. Die Auflage von 5.000 gedruckten Exemplaren war schnell vergriffen. Darüber hinaus war auch ein starker Zugriff auf die Internet-Veröffentlichung zu beobachten. Die Reaktionen der Bürgerinnen und Bürger lassen den Schluss zu, dass dem BfS gelungen ist, eine sehr informative und in ihrer Art sehr ausgewogene Darstellung des Themas zu erarbeiten.

Unterrichtsmaterial zum Thema Mobilfunk

Der Alltag von Kindern und Jugendlichen wird in zunehmendem Maße durch den Mobilfunk geprägt. Unabhängig von Zeit und Ort kommunizieren, informieren, organisieren und konsumieren Jugendliche immer mehr mit Hilfe von Handys. In Deutschland besitzen und nutzen Kinder ihr erstes Handy im Durchschnittsalter von knapp zehn Jahren – mit abnehmendem Alter.

Es ist die Aufgabe des Bundesamtes für Strahlenschutz, sich mit der Mobilfunkthematik aus der Sicht des Strahlenschutzes in verantwortungsvoller Weise auseinanderzusetzen und auf wissenschaftlicher Basis objektiv, umfassend und frühzeitig zu informieren und aufzuklären. Aus diesen Gründen hat sich das BfS entschlossen, Unterrichtsmaterial zum Thema Mobilfunk zu erarbeiten, um die Gruppe der Schülerinnen, Schüler und Jugendlichen gezielt anzusprechen.

Das Material informiert Schülerinnen und Schüler ab der fünften Klasse verständlich und abwechslungsreich über die Funktionsweise des Mobilfunks sowie über mögliche gesundheitliche Risiken. Insbesondere werden praktische Tipps zur Verminderung der persönlichen Strahlenbelastung im Rahmen der gesundheitlichen Vorsorge gegeben. Die Auswirkungen des Mobilfunks auf Kommunikations- sowie Sozialverhalten von Kindern und Jugendlichen und die Thematisierung der „Schuldenfalle Mobilfunk“ im Rahmen des Verbraucherschutzes runden das Material ab.

Lehrkräfte können den Ordner mit der Loseblattsammlung sowie themenbezogene Poster in einzelnen Modulen fachübergreifend und zeitlich variabel im Unterricht und Projekten einsetzen. Das Unterrichtsmaterial ist

beim BfS zu beziehen und steht als Download auf der Internetseite des BfS zur Verfügung.

Vorgestellt wurde das Unterrichtsmaterial auf der didacta 2006 in Hannover. Lehrerinnen und Lehrer, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Landeszentralen sowie der Bundeszentrale für politische Bildung, Ärztinnen und Ärzte aus den Gesundheitsämtern und viele Andere aus dem Bereich der Fort- und Weiterbildung zeigten großes Interesse am Unterrichtsmaterial und bescheinigten ihm eine hohe Qualität.

Um das Unterrichtsmaterial besser auf die Bedürfnisse der Lehrerinnen und Lehrern sowie der Schülerinnen und Schülern ausrichten zu können, wurde ein Feedback-Bogen erarbeitet und mit dem Unterrichtsmaterial verteilt. Das BfS wollte auf diese Weise in Erfahrung bringen, wie die Nutzer das Unterrichtsmaterial bewerten und welche Anregungen sie geben können. Die Rückmeldungen waren durchgehend positiv und beinhalten Anregungen und neue Ideen.

Die erste Auflage in der Höhe von 3.000 Exemplaren war bereits nach wenigen Monaten vergriffen.

Zertifizierung von Solarien

Im Juni des Jahres 2003 gaben das Bundesumweltministerium und das Bundesamt für Strahlenschutz den Startschuss für die Einführung des Gütesiegels „Zertifiziertes Solarium“. Nach wie vor wird braune Haut in der Gesellschaft mit dem Bild von Freizeit und Gesundheit in Verbindung gebracht, die Gefahren von künstlicher oder natürlicher UV-Strahlung werden aber ausgeblendet. Das Gütesiegel sollte denjenigen, die unbedingt ein Solarium besuchen wollen, mehr gesundheitliche Sicherheit bieten. Zertifizierte Solarien bieten Besucherinnen und Besuchern eine qualifizierte Beratung an, halten hygienische Standards ein und verwehren Jugendlichen unter 18 Jahren den Zutritt, um nur einige Punkte zu nennen. Die Einführung war das Ergebnis des „Runden Tisches Solarien“ (RTS), der unter Leitung des BfS Solarienbetreiber und Vertreter verschiedener Organisationen und Behörden an einen Tisch brachte. Die geschlossene Vereinbarung beruht auf einer freiwilligen Selbstverpflichtung der Betreiber, ihre Studios nach den Kriterien des BfS zertifizieren zu lassen, und vermeidet damit eine gesetzliche Regelung, die mit einem entsprechenden bürokratischen Aufwand verbunden wäre.

Nach nunmehr 3 Jahren sind allerdings erst rund 80 der über 7.000 deutschen Sonnenstudios nach den Kriterien des BfS zertifiziert. Dieser geringe Grad der Umsetzung der Selbstverpflichtung ist nicht hinnehmbar. Ausgehend von einem Interview der Berliner Zeitung mit dem Präsidenten zum Thema Solarienbesuche setzte eine umfassende Medienberichterstattung ein. Das BfS vertrat hierbei die Position, dass die Zusage der Selbstverpflichtung der Betreiber ge-



Das BfS empfiehlt, beim Besuch eines Solariums auf das Gütesiegel „Zertifiziertes Solarium“ zu achten

scheitert ist. Das Interesse der Medien konzentriert sich besonders auf ein mögliches gesetzliches Solarienverbot für Jugendliche unter 18 Jahren.

Pressearbeit zur Uranbergarbeiterstudie

Das radioaktive Edelgas Radon erhöht das Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken, deutlich. Belastungen durch Radon sind in Deutschland vor allem in der Nähe von Mittelgebirgen festzustellen. Der Grund hierfür ist, dass es besonders hier Gesteine gibt, die in Spuren Uran enthalten, dessen natürliches Zerfallsprodukt unter anderem das Radon ist. Das farb- und geruchlose Gas dringt so z. B. in Häuser ein und führt dadurch zu einer regional unterschiedlichen Strahlenbelastung.

Einem besonderen Risiko waren die früheren Mitarbeiter der WISMUT ausgesetzt, die Uran im Auftrag der ehemaligen Sowjetunion abbauten.

Mit dem Ziel, insbesondere die strahlenbedingten gesundheitlichen Auswirkungen des Uranerzbergbaus in Deutschland besser einschätzen zu können, hat das Bundesamt für Strahlenschutz nach der deutschen Wiedervereinigung entsprechende Untersuchungen mit Unterstützung des Bundesumweltministeriums begonnen. Hierzu wurde eine Kohorte (definierte Personengruppe) von Personen zusammengestellt, die in Sachsen und Thüringen im Uranerzbergbau beschäftigt waren. In Zusammenarbeit mit anderen Institutionen (z. B. den Berufsgenossenschaften) ist es dem BfS gelungen, mit ca. 59.000 Personen die weltweit größte Kohorte von beruflich radonexponierten Bergarbeitern aufzubauen. In einer Kohortenstudie wird das Gesundheitsgeschehen in einer definierten Personengruppe über eine bestimmte Zeit beobachtet und dann mit der beruflichen Belastung in Verbindung gebracht. Bei den Bergarbeitern ist es die Strahlenbelastung durch Radon. Der größte gesundheit-

liche Schaden durch Radon ist das Auslösen von Lungenkrebs. So wurden seit den Beginn des Uranerzbergbaus in Sachsen und Thüringen (1946) bis 1999 rund 7.700 Lungenkrebsfälle als beruflich bedingt anerkannt. Jährlich kommen immer noch fast 200 Fälle hinzu. Die Ergebnisse der Studie wurden im Oktober 2006 im British Journal of Cancer veröffentlicht. Die wichtigste Erkenntnis der Studie ist die Revision der bisherigen Annahmen zum Lebenszeitrisiko, als Spätfolge an Lungenkrebs zu erkranken. Nach den nun vorliegenden Daten besteht dieses Risiko deutlich länger als bisher angenommen. Auch muss die Annahme, dass das Risiko mit zunehmender Zeit nach der Exposition deutlich abnimmt, korrigiert werden. Die Durchführung und Aus-

wertung einer solchen epidemiologischen Studie stellt ein sehr komplexes und daher nicht einfach vermittelbares Thema dar. Gerade deshalb ist es als besonders positiv zu werten, dass die Ergebnisse der Studie von den Medien in breitem Umfang aufgenommen und kommuniziert wurden. Neben einem sehr ausführlichen und inhaltlich anspruchsvollen Artikel der Redaktion „Wissen“ der Süddeutschen Zeitung berichtete auch der Wissenschaftsdienst der Nachrichtenagentur dpa eingehend über die Studie auf Grundlage der Pressemitteilung des BfS. Die dpa-Meldung wurde wiederum in vielen deutschen Tageszeitungen abgedruckt. Darüber hinaus entstand ein großes lokales Interesse an den Ergebnissen.

PUBLIKATIONEN

BfS-Berichte

BfS-SG-07/06

Frasch G, Fritzsche E, Kammerer L, Karofsky R, Spiesl J, Stegemann R.

Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2004
Bericht des Strahlenschutzregisters
Salzgitter, Juli 2006

BfS-SG-08/06

Hartmann M, Dalheimer A, Hänisch K.

Ergebnisse des In-vitro-Ringversuchs: Thorium- und Uran-Isotope im Urin
Workshop zu den In-vitro-Ringversuchen 2003/2004 der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS am 22. September 2004 im Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin
Salzgitter, August 2006

BfS-SK-06/06

Bredberg I, Borrmann F, Hutter J, Schell H, Schneider M, Wähning R, Hund W.

Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2005
Salzgitter, August 2006

BfS-SW-03/06

Beck T, Etenhuber E.

Überwachung von Strahlenexpositionen bei Arbeiten
Leitfaden für die Umsetzung der Regelung nach Teil 3 Kapitel 1 und 2 StrlSchV
Salzgitter, März 2006

BfS-SCHR-39/06

Borrmann F, Brennecke P, Koch W, Kugel K, Rehs B, Steyer S, Warnecke E.

Management of Decommissioning Waste in Germany
Contribution to the IAEA CRP on „Disposal Aspects of Low and Intermediate Level Decommissioning Waste“
Stand: August 2006
Salzgitter, Dezember 2006

BfS-SCHR-40/06

Bergler I, Bernhard C, Gödde R, Löbke-Reinl A, Schmitt-Hannig A.

Strahlenschutzforschung
Programmreport 2005
Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und administrativ begleitete Forschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Salzgitter, Dezember 2006

Die Schriften und Berichte des BfS sind im Wirtschaftsverlag NW erschienen und über den Buchhandel oder direkt beim Verlag erhältlich.

Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven

Telefon: 0471/945440
Telefax: 0471/9454488
eMail: vertrieb@NW-Verlag.de

Ausgewählte Beiträge in externen Fachzeitschriften

Barth I, Rimpler A.

Strahlenbelastung bei der Anwendung von Betastrahlung – Wie kann man sich davor schützen?

MTA-Dialog 7: 14-17, 2006

Berg HP.

Common Cause Failure Analysis within the Framework of Probabilistic Safety Assessment.

Kerntechnik, Vol. 71, No. 1-2, Februar 2006

Berg HP, Fröhmel T, Görtz R, Schimetschka E.

Updated Requirements on PSA Methods and Data for Comprehensive Safety Reviews in Germany.

Kerntechnik, Vol. 71, No. 1-2, Februar 2006

Berg HP, Fröhmel T, Weil L.

Fortschreibung der Anforderungen an eine PSA für die Sicherheitsüberprüfung in Deutschland.

atw, Vol. 51, 2006, Heft 8/9, 526 – 531

Berg HP, Görtz R, Schimetschka E, Kesten J.

The Process-oriented Simulation (POS) Model for Common Cause Failures: Recent Progress.

Kerntechnik, Vol. 71, No. 1-2, Februar 2006

Bieringer P, Hable K, Höbler C.

Der Informationsaustausch in einem Ereignisfall – organisatorische, inhaltliche und technische Aspekte. StrahlenschutzPraxis 1/2006, S. 17-20

Börst FM, Reiche I, Thiele H.

Comparison of Dose Rate Calculations with Measurements at CASTOR HAW 20/28 CG Cask.

Packaging, Transport, Storage & Security of Radioactive Material, Volume 17, No 1, pp 51-56; 2006

Brix G.

Rechtfertigung und Optimierung von PET/CT-Untersuchungen aus strahlenhygienischer Perspektive.

Der Nuklearmediziner 29: 200-206, 2006

Brüske-Hohlfeld I, Schaffrath-Rosario A, Wölke G, Heinrich J, Kreuzer M, Kreienbrock L, Wichmann HE.

Lung Cancer Risk among Former Uranium Miners of the Wismut Company in Germany.

Health Phys 90: 208-216, 2006

Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, Deo H, Falk R, Forastiere F, Hakama M, Heid I, Kreienbrock L, Kreuzer M, Lagarde F, Mäkeläinen I, Muirhead C, Oberaigner W, Pershagen G, Ruano-Ravina A, Ruosteenoja E, Schaffrath-Rosario A, Tirmarche M, Tomasek L, Whitley E, Wichmann HE, Doll R.

Residential Radon and Lung Cancer – Detailed Results of a Collaborative Analysis of Individual Data on 7,148 Subjects with Lung Cancer and 14,208 Subjects without Lung Cancer from 13 Epidemiological Studies in Europe. Scand J Work Environ Health 32 (1): 1-80, 2006

Eichhorn ME, Becker S, Strieth S, Werner A, Sauer B, Teifel M, Ruhstorfer H, Michaelis U, Griebel J, Brix G, Jauch KW, Dellian M.

Paclitaxel Encapsulated in Cationic Lipid Complexes (MBT-0206) Impairs Functional Tumor Vascular Properties as Detected by Dynamic Contrast-enhanced Magnetic Resonance Imaging.

Cancer Biol Ther. 5: 89-96, 2006

Fasten C, Nitsche F.

Some Views on 2 Year Review/Revision Cycle of IAEA Regulation for the Safe Transport of Radioactive Material. Packaging, Transport, Storage & Security of Radioactive Material, Volume 17, No 1, pp 7-9; 2006

Geworski L, Zöphel K, Rimpler A, Barth I, Lassmann M, Sandrock D, Zander A, Halm T, Hänseid H, Hofmann M, Reiners Chr, Munz DL.

Strahlenexposition bei der 90Y-Zevalin-Therapie – Ergebnisse einer prospektiven multizentrischen Studie.

Nuklearmedizin 45:82-86, 2006

Heinrich T, Funke L, Höpner J, Köhler M, Löbner W, Schkade UK, Ullrich F, Weiß D.

Optimierung der Auswahl von Messmethoden zur Bestimmung natürlicher Radionuklide.

StrahlenschutzPraxis, Heft 3/2006, S. 4-9

Hornhardt S, Gomolka M, Walsh L, Jung T.

Comparative Investigations of Sodium Arsenite, Arsenic Trioxide and Cadmium Sulphate in Combination with Gamma-Radiation on Apoptosis, Micronuclei Induction and DNA Damage in a Human Lymphoblastoid Cell Line.

Mutation Res 600: 165-176, 2006

Hornhardt S, Tapio S, Gomolka M.

Zusammenwirken von Strahlung und Arsen. UmweltMedizinischer InformationsDienst (UMID) 3/2006

Kreisheimer M.

The Inverse Dose-Rate Effect for Radon Induced Lung Cancer: A Modified Approach for Risk Modelling.

Radiat Environ Biophys DOI: 10.1007/s00411-006-0035-6, 2006

Kreuzer M.

Lung Cancer in Women.

Lung Cancer 52 (2): 7-8, 2006

Kreuzer M.

Environmental Tobacco Smoke at the Workplace – Current Epidemiological Evidence.

Lung Cancer 52 (2): 25, 2006

Kreuzer M, Kreisheimer M, Kandel M, Schnelzer M, Tschense A, Grosche B.

Mortality from Cardiovascular Diseases in the German Uranium Miners Cohort Study, 1946-1998.

Radiat. Environ. Biophys. 45: 159-166, 2006

Kreuzer M, Jöckel KH, Wichmann HE, Straif K.
Rauchen, Passivrauchen und Krebserkrankungen.
Aktuelle Studien aus Deutschland und ihr Beitrag zu
IARC-Monographie.
Der Onkologe 2006, Bd. 12, Heft 11, S. 1094 – 1105

Neuberger K, Lux-Endrich A, Drosch M, Panitz C,
Horneck G, Gomolka M, Reitz G, Hock B.
Tolerance of Fungal and Fern Spores against Simulated
Space Environment.
International Journal of Astrobiology, vol 5 (1), 67-88,
2006

Peter J.
Umweltradioaktivität in Deutschland – Fünf Jahrzehnte
Berichterstattung.
StrahlenschutzPraxis 1: 61-65, 2006

Reiche I, Börst FM, Krietsch T.
Aspects of Safety Assessment for Package Designs with
Additional Equipment Components.
Packaging, Transport, Storage & Security of Radioactive
Material, Volume 17, No 3, pp 179-180; 2006

Röttger A, Schmidt V, Buchröder H. et al.
Radon Activity Concentration – a Euromet and BIPM
Supplementary Comparison.
Applied Radiation Isotopes 64 (2006) 1102-1107

Schupfner R, Haas G, Wolfbeis O, Dettmann K.
An Interpretation Procedure for the Purpose of
Incorporation Monitoring During Decommissioning of
Nuclear Reactors.
Kerntechnik, vol. 71, No. 3, Mai 2006

Stamm-Meyer A, Nosske D, Schnell-Inderst P, Hacker M,
Hahn K, Brix G.
Diagnostic Nuclear Medicine Procedures Performed in
Germany between 1996 and 2002: Application Frequen-
cies and Collective Effective Doses.
Nuklearmedizin 45: 1–9, 2006

Stapel R.
Harmonisierung der Lagebewertung und Maßnahmen-
entscheidung durch Einsatz eines einheitlichen Ent-
scheidungshilfesystems.
StrahlenschutzPraxis 1/2006: S. 13-16

Stöhlker U, Bleher M.
Der Beitrag des Ortsdosisleistungsmessnetzes zum Nach-
weis unfallbedingter Umweltradioaktivität.
StrahlenschutzPraxis, Heft 1/2006

Steiner M.
Wildbret – Bedenkenloser Genuss?
UmweltMedizinischer InformationsDienst,
ISSN 1862-4111 (Print), ISSN 1862-4189 (Internet);
Ausgabe 1/2006; S. 6-9

Steiner M, Hiersche L, Poppitz-Spühler A, Ridder F.
Radioaktive Kontamination von Speisepilzen - Aktuelle
Messwerte.
UmweltMedizinischer InformationsDienst,
ISSN 1862-4111 (Print), ISSN 1862-4189 (Internet);
Ausgabe 3/2006; S. 8-12

Tapio S, Grosche B.
Arsenic in the Aetiology of Cancer.
Mut Res. 612: 215-246, 2006

Beiträge in Tagungsbänden / Broschüren

Berg HP, Ernst B.
Safety Management and Event-based Safety Culture As-
sessment. In: Proceedings of the 4th International Con-
ference on Safety and Reliability, Krakow 2006, Journal of
KONBiN, Vol. I, No 2/2006, Warszawa, 2006, S. 209 – 218

Berg HP, Görtz R, Schimetschka E.
External Hazards – Screening Procedures and Probabilistic
Assessment. In: Proceedings of the 4th International Con-
ference on Safety and Reliability, Krakow 2006, Journal of
KONBiN, Vol. I, No 1/2006, Warszawa, 2006, S. 245 – 252

Berg HP, Görtz R.
Probabilistic Safety Assessment of External Flooding of
Nuclear Power Plants. In: Proceedings of the European
Safety and Reliability Conference 2006, Estoril, Portugal,
Safety and Reliability for Managing Risk, Vol. 2, Taylor &
Francis, London, 2006, S. 1341 – 1346

Berg HP, Angner A, Mathet E, Röwekamp M.
Recent Results from the OECD FIRE Project – Use of the
OECD FIRE Database. In: Proceedings of the European
Safety and Reliability Conference 2006, Estoril, Portugal,
Safety and Reliability for Managing Risk, Vol. 3, Taylor &
Francis, London, 2006, S. 2391 – 2396

Bernhardt JH, Brix G.
Safety Aspects of Magnetic Fields. In: Andrä W, Nowak
H. (Eds): Magnetism in Medicine. Berlin, Weinheim,
New York: Wiley-VCH, 2nd edition, 2006, pp. 76-96

Bieringer J, Bühling A, Haase G, Heinrich T,
Müller-Neumann M, Steinkopff T, Wiezorek C, Wirth E.
Das überarbeitete Intensivmessprogramm zur AVV-IMIS.
In: Umweltpolitik, 13. Fachgespräch zur Überwachung
der Umweltradioaktivität, Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 2006, S. 19-27

Bleher M, Stöhlker U.
Störeinflüsse auf die Messdaten zur Ortsdosisleistung. In:
Umweltpolitik, 13. Fachgespräch zur Überwachung der
Umweltradioaktivität, Bundesministerium für Umwelt, Na-
turschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 2006, S. 107-115

Boetsch, WU, Gründler D, Thiel J.

Identification of Release Rates as a Consequence of Thermal Impact on Radwaste – Experimental Studies. In: Proceedings of the International Waste Management Conference 2006 (WM '06), Tucson, Arizona, February 26 – March 2, 2006, (CD-ROM)

Brix G, Nagel HD.

Dose Considerations and Radiation Protection Issues in Multislice CT. In: Brüning R, Küttner A, Flohr T. (Eds): Protocols for Multislice CT. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2006, pp. 31-41

Brix G, Nagel HD.

Strahlenexposition und Strahlenschutz bei der Mehrschicht-CT. In: Brüning R, Küttner A, Flohr T. (Hrsg.) Mehrschicht-CT – Ein Leitfad. Band 1. Heidelberg: Springer-Verlag, 1. Deutsche Auflage, 2006, S. 35-45

Brix G, Nissen-Meyer S, Lechel U, Becker C, Griebel J, Nekolla E, Reiser M.

Erfassung und strahlenhygienische Bewertung der kumulativen Strahlenexposition von Patienten mit einem Pankreastumor. In: Bogner L, Dobler B. (Hrsg.) Medizinische Physik 2006. DGMP, Regensburg, 2006, S. 20-21

Coeck M, Etard C, Möbius S, Schmitt-Hannig A, Luciani A, van der Steen J, Marco M, Stewart J.

Training and Education Needs in Radiological Protection – First Results of the ENETRAP Survey. In: Proceedings of the Second European International Radiation Protection Association (IRPA) Congress, Paris, Frankreich, 15.-19.05.2006, Congress Office, Paris 2006, Paper TA-47

Coeck M, Etard C, Möbius S, Schmitt-Hannig A, Luciani A, van der Steen A, Marco M, Stewart J, Balosso J, Thompson R. European Network on Education and Training in Radiological Protection: A Response to the European Requirements for Qualified Experts. In: Proceedings of FISA 2006, Conference on EU Research and Training in Reactor Systems, Luxemburg, 13.-16.03.2006, Luxemburg, 2006, S. 402-409.

Coeck M, Etard C, Möbius S, Schmitt-Hannig A, Luciani A, van der Steen J, Marco M, Stewart J, Balosso J, Thompson R. European Network on Education and Training in Radiological Protection (ENETRAP) – Current Status. In: Proceedings of the 9th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT), Berlin, 25.-29.09.2006, Berlin 2006, Poster 177

Czarwinski R, Häusler U.

Feedback from Incidents at the Use of Ionising Radiation in Germany During the last 10 Years. In: Proceedings of the Second European International Radiation Protection Association (IRPA) Congress, Paris, Frankreich, 15.-19.05.2006, Congress Office, Paris 2006

Carwinski R, Häusler U, Frasch G.

Radiation Protection at Industrial Radiography in Germany – Exposures and Unusual Events. In: Proceedings of the 9th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT), Berlin, 25.-29.09.2006, Berlin, 2006

Dushe C, Ettenhuber E, Gehrcke K, Kümmel M, Schulz H.

Ein neues Verfahren zur Ermittlung der Radonexhalation großer Flächen. In: Ettenhuber E, Giessing R, Beier E, Bayer A. (Hrsg.) Fortschritte im Strahlenschutz: Strahlenschutz-Aspekte bei natürlicher Radioaktivität, Dresden, 38. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Dresden, 18. bis 22. September 2006, S. 291-299

Ettenhuber E, Kreuzer M, Kirchner G, Lehmann R, Meyer W, Jung T.

Principles for the Control of Residential Radon – a Conception for a National Radon Programme in Germany. In: Healthy Buildings, Creating a Healthy Indoor Environment for People, Lissabon, 4. bis 8. Juni 2006, Proceedings HB 2006, Vol. II, Indoor climate, S. 513 ff

Feinhals J, Kelch A, Kunze V.

Release – Contamination Control – Removal. In: 4th International Symposium „Release of Radioactive Material from Regulatory Control“, Paper A-4, TÜV Nord Akademie, 20. – 22. März 2006

Frasch G, Petrová K.

Introduction to Occupational Radiation Exposed Trends in Europe and Problems to be Solved. In: 10th European ALARA Network Workshop, Prague, Sept. 2006

Gehrcke K.

Erfahrungen bei der Umsetzung des Teils 3 der Strahlenschutzverordnung. In: Ettenhuber E, Giessing R, Beier E, Bayer A. (Hrsg.) Fortschritte im Strahlenschutz: Strahlenschutz-Aspekte bei natürlicher Radioaktivität., Dresden, 38. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Dresden, 18. bis 22. September 2006, S. 149-161

Gering F.

Korrektur von Depositions-Prognosen mittels Datenassimilation. In: Umweltpolitik, 13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 2006, S. 259-266

Gerler J, Gehrcke K, Gellermann R.

Der nutzbare Grundwasserleiter nach Anlage XII Teil B Strahlenschutzverordnung. In: Ettenhuber E, Giessing R, Beier E, Bayer A. (Hrsg.) Fortschritte im Strahlenschutz: Strahlenschutz-Aspekte bei natürlicher Radioaktivität., Dresden, 38. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Dresden, 18. bis 22. September 2006, S. 181-188

Gomolka M, Rößler U, Hornhardt S.

Möglichkeiten und Grenzen des Comet Assays im Strahlenschutz. In: Tagungsband 9. Jahrestagung der Gesellschaft für Biologische Strahlenforschung, Braunschweig, 11.05.2006, S. 16

- Hable K, Höbler C, Bieringer P.*
Möglichkeiten und Grenzen der Elektronischen Lagedarstellung. In: Umweltpolitik, 13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 2006, S. 287-294
- Heinrich T, Funke L, Köhler M, Schkade UK, Ullrich F, Löbner W, Höpner J, Weiß D.*
Optimierung der Auswahl von Messmethoden zur Bestimmung natürlicher Radionuklide. In: Ettenhuber E, Giessing R, Beier E, Bayer A. (Hrsg.) Fortschritte im Strahlenschutz: Strahlenschutz-Aspekte bei natürlicher Radioaktivität., Dresden, 38. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Dresden, 18. bis 22. September 2006, S. 389-396
- Hornhardt S, Rössler U, Rosenberger A, Bickeböller H, Sauter W, Illig T, Wichmann HE, Gomolka M.*
Reduced DNA Repair Capacity in XRCC1-Allel Carriers in Young Lung Cancer Patients. In: 9th Biennial Meeting of the DGDR (Deutsche Gesellschaft für DNA-Reparatur), Poster, Hamburg, 12.-15.9. 2006
- Kirchner G.*
Natürliche Strahlenexposition – einige Gedanken zur Diskrepanz zwischen Risiko und Risikowahrnehmung. In: Ettenhuber E, Giessing R, Beier E, Bayer A. (Hrsg.) Fortschritte im Strahlenschutz: Strahlenschutz-Aspekte bei natürlicher Radioaktivität., Dresden, 38. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Dresden, 18. bis 22. September 2006, S. 101-112
- Kleierman R, Ha M, Bhatti P, Hauptmann M, Sigurdson A, Tucker JD, Sram R, Beskind O, Tawn EJ, Whitehouse C, Lindholm C, Kodama Y, Nakamura N, Vorobstova I, Oestreicher U, Stephan G, Yong L, Bauchinger M, Chung HW, Darroudi F, Roy L, Barquinero J, Livingston G, Schmid E, Voisin P, Littlefield G, Edwards A.*
International Study of Translocations in Control Populations. In: North American Environmental Mutagen Society (EMS), Vancouver, British Columbia, Canada, Sept. 16 – 20, 2006
- Kreuzer M.*
Lung Cancer in Women. In: Zatloukal P, Petruzella L. (Eds): Proceedings of the 10th Central European Lung Cancer Conference, Prag, June 18-21, 2006. MEDIMOND S.r.L., Bologna G618R9009, 2006, pp. 9-14
- Kreuzer M.*
Radon in Wohnungen. In: IBK Darmstadt/Würzburg (Hrsg.) Bauen, leben, wohnen – Gesundheit als Einheit. Symposium (BFT 330) 6.-7. September 2006 in Berlin, 2006
- Kunze V.*
Lessons Learned from Hearings in Germany – Limits and Problems with Stakeholder Involvement. In: 10th European ALARA Network Workshop “Experience and New Developments in Implementing ALARA in Occupational, Public and Patient Exposures”, Paper 2.4, Prague, Czech Republic, September 12-15, 2006
- Lechel U, Becker C, Langenfeld-Jäger G, Brix G.*
Dosisreduktion bei MSCT durch Einsatz einer strommodulierten Dosisautomatik – Vergleich von Messung und Rechnung. In: Bogner L, Dobler B. (Hrsg.) Medizinische Physik 2006. DGMP, Regensburg, 2006, S. 50-51
- Lehmann R, Meyer W.*
Konzept zur Abschätzung der Radon-Langzeitexposition in Aufenthaltsbereichen. In: Ettenhuber E, Giessing R, Beier E, Bayer A. (Hrsg.) Fortschritte im Strahlenschutz: Strahlenschutz-Aspekte bei natürlicher Radioaktivität., Dresden, 38. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Dresden, 18. bis 22. September 2006, S. 549-557
- Lehmann R, Meyer W.*
Comparison of Different Methods for Radon Risk Mapping by the Example of a Pilot Region. In: Proceedings of the 8th International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk Mapping, Prague, 2006
- Lehmann R, Meyer W.*
The Definition of Radon-prone Areas Based on Soil Gas Measurements. In: Proceedings of the XIth International Congress for Mathematical Geology, Liege, 2006
- Marco-Arbolí M, Rodríguez-Suárez M, González-Giralda C, Bailador-Ferreras A, Coeck M, Etard C, Möbius S, Schmitt-Hannig A, Luciani A, van der Steen J, Stewart J, Scalliet P, Balosso J, Thompson R.*
Radiation Protection Education&Training Infrastructure. E&T for the Future. In: Proceedings of the Second European International Radiation Protection Association (IRPA) Congress, Paris, Frankreich, 15.-19.05.2006, Congress Office, Paris 2006, Poster P-245, CD
- Minkov V, Noßke D, Nekolla E, Griebel J, Brix G.*
Nuklearmedizinische Untersuchungen der Mutter während der Schwangerschaft: Risikoabschätzungen für das Ungeborene. In: Bogner L, Dobler B. (Hrsg.) Medizinische Physik 2006. DGMP, Regensburg, 2006, S. 56-57
- Peter J.*
Strahlenschutz in der Praxis: Grenzwerte und Regelungen. In: GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (Hrsg.) Strahlung – Von Röntgen bis Tschernobyl. Mensch und Umwelt spezial, 18. Ausgabe, Neuherberg, 2006, S. 55-66
- Röwekamp M, Klein-Heßling W, Riese O, Berg HP.*
Cable Tray Fires – Experiments and Results of Fire Simulation Codes. In: Proceedings of the European Safety and Reliability Conference 2006, Estoril, Portugal, Safety and Reliability for Managing Risk, Vol. 3, Taylor & Francis, London, 2006, pp 2437 – 2444

Rupp A, Stöhlker U, Wissmann F.

Qualitätssicherungsmaßnahmen im Ortsdosisleistungsmessnetz des BfS bei der Umstellung auf die neue Dosismessgröße $H^*(10)$. In: *Umweltpolitik*, 13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 2006, S. 89-96

Schellenberger A, Döring J, Funke L, Gellermann R, Gerler J, Nickstadt K, Schkade UK, Schulz H.

Nuklidvektoren und Schwankungsintervalle der spezifischen Aktivitäten der relevanten Radionuklide in überwachungsbedürftigen Rückständen gemäß Teil 3 StrlSchV. In: *Ettenhuber E, Giessing R, Beier E, Bayer A. (Hrsg.) Fortschritte im Strahlenschutz: Strahlenschutz-Aspekte bei natürlicher Radioaktivität.*, Dresden, 38. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Dresden, 18. bis 22. September 2006, S. 229-237

Schmitt-Hannig A, Löbke-Reinl A, Donhärkl W, Gödde R.

From Knowledge to Action – The Radiation Protection Research Programme in Germany. In: *Proceedings of the Second European International Radiation Protection Association (IRPA) Congress, Paris, Frankreich, 15.-19.05.2006, Congress Office, Paris 2006, Poster P-254, CD*

Schmitt-Hannig A, Marisa Marco M, Rodriguez M, Llorente C, de Diego L, Livolsi P, MacMillan J.

European Network on Education and Training in Radiological Protection (ENETRAP) – New Concepts and New Tools for an ERPC. In: *10th European ALARA Network Workshop, Prague, Sept. 2006*

Steiner M, Hornung L, Mundiql S, Kirchner G.

Comparative Evaluation of Different Approaches to Environmental Protection against Ionising Radiation in View of Practicability and Consistency. In: *Proceedings of the Second European IRPA Congress on Radiation Protection, 15.-19. Mai 2006, Paris (CD-ROM)*

Steiner M, Bayer A.

Umweltkontamination und Strahlenexposition – eine Bilanz 20 Jahre nach Tschernobyl. In: *15. Chemisches Kolloquium der Bundesanstalt für Gewässerkunde, 27. September 2006, Koblenz, S. 90-102*

Steiner M.

Radioökologische Messergebnisse in Deutschland. In: *Tagung des Gemeinschaftsausschusses Strahlenforschung (GAST), 15.-17. März 2006, Heidelberg*

Steyer S, Bandt G.

Issues and Experiences on Radioactive Waste Quality Control / Quality Assurance with Regard to Future Disposal. In: *Proceedings of the International Waste Management Conference 2006 (WM '06), Tucson, Arizona, February 26 – March 2, 2006, (CD-ROM)*

Stöhlker U, Bleher M.

Fachliche Weiterentwicklung des BfS-Radioaktivitätsmessnetzes: Nachweisbarkeit auch kleinräumiger erhöhter, unfallbedingter Umweltkontamination. In: *Umweltpolitik*, 13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 2006, S. 97-106

Türschmann M, Röwekamp M, Berg HP.

Durchführung einer Brand-PSA mit aktuellen Methoden. In: *Tagungsbericht Jahrestagung Kerntechnik, INFO-RUM-Verlag GmbH, Bonn, Mai 2006*

Twenhöfel C, Salfeld C, Hable K, Reinen H.

Bilateral Information And Data Exchange in Case of Nuclear Emergencies in the German-Dutch Border Region.

Walter H.

Das Potential von Ausbreitungsmodellen auf der Basis des Lagrange-Algorithmus für die Berechnung der Strahlenexposition in einem Ereignisfall. In: *Umweltpolitik*, 13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 2006, S. 207-212

Walter H.

Das Programmsystem LASAIR und seine aktuelle Optimierung für die nuklearspezifische Gefahrenabwehr. In: *Umweltpolitik*, 13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 2006, S. 361-366

Zander N, Löffler H.

Abschätzung des Quellterms als Grundlage für behördliche Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei einem radiologisch relevanten Ereignis in einem Kernkraftwerk. In: *Umweltpolitik*, 13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 2006, S. 71-74

ABKÜRZUNGEN

AkEnd	Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte	NGA	Nuklearspezifische Gefahrenabwehr
AtG	Atomgesetz	NMU	Niedersächsisches Umweltministerium
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	NORM	Naturally-Occurring Radioactive Materials
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz	ODL	Ortsdosisleistung
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	OECD/NEA	Organisation für ökonomische Zusammenarbeit und Entwicklung/Nukleare Energieagentur
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	PfB	Planfeststellungsbeschluss
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie	PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
CASTOR	Cask for Storage and Transport of Radioactive Material	PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
CT	Computertomographie	REI	Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen
DMF	Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm	RöV	Röntgenverordnung
DRW	Diagnostischer Referenzwert	RSK	Reaktor-Sicherheitskommission
DWR	Druckwasserreaktor	RTDMF	Runder Tisch zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm
EMF	Elektromagnetische Felder	RTS	Runder Tisch Solarien
ERAM	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben	SEWD	Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter
EURDEP	European Data Exchange Platform	SSK	Strahlenschutzkommission
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktor-sicherheit mbH	StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
GSF	Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit	StrVG	Strahlenschutzvorsorgegesetz
HAW	Hochradioaktiver Abfall	SWR	Siedewasserreaktor
IAEA	Internationale Atomenergie-Organisation	TBL Ahaus	Transportbehälterlager Ahaus
IARC	International Agency for Research on Cancer	TBL Gorleben	Transportbehälterlager Gorleben
ICRP	International Commission on Radiological Protection	TECDOC	Technisches Dokument der IAEA
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität	UFOPLAN	Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums
INES	International Nuclear Event Scale	UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
KKW	Kernkraftwerk	UV	Ultraviolette Strahlung
MLU	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt	WHO	Weltgesundheitsorganisation
MOX-BE	Mischoxid-Brennelement	ZLN	Zwischenlager Nord
MTVO	Mineral- und Tafelwasserverordnung	ZUB	Zentrale Unterstützungsgruppe des Bundes
Nagra	Schweizer Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle		

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

E-Mail: ePost@bfs.de

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



Bundesamt für Strahlenschutz