



JAHRESBERICHT 2005



Bundesamt für Strahlenschutz

IMPRESSUM

Herausgeber: Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 10 01 49
D - 38201 Salzgitter
Telefon: +49 (0) 18 88 - 3 33 - 0
Telefax: +49 (0) 18 88 - 3 33 - 18 85

E-Mail: ePost@bfs.de

Internet: www.bfs.de

Redaktion: Lutz Ebermann

Gestaltung/Druck: Schlütersche Druck GmbH & Co. KG
Hans-Böckler-Straße 52
30851 Langenhagen

Fotos: BfS - Melanie Quandt
und genannte Quellen

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	3
Vorwort	4
TSCHERNOBYL – 20 JAHRE DANACH	6
Einleitung	6
Umweltfolgen des Reaktorunfalls in Tschernobyl	10
Gesundheitsfolgen des Reaktorunfalls in Tschernobyl	14
Notfallschutz – Welche Konsequenzen in Deutschland gezogen wurden	19
Der Reaktorunfall in Tschernobyl und seine Folgen für deutsche Kernkraftwerke	26
Maßnahmen der Bundesregierung zur Verbesserung der Sicherheit von Kernkraftwerken sowjetischer Bauart	29
Internationale Maßnahmen zur Unterstützung der Ukraine bei der Stilllegung des KKW Tschernobyl ..	31
Erfahrungen und Erinnerungen aus Ost und West	33
ARBEITSSCHWERPUNKTE DES BfS	41
Endlagerung radioaktiver Abfälle	41
Der Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums für mehr Sicherheit und Strahlenschutz ..	52
AUSGEWÄHLTE EINZELTHEMEN	56
Maßnahmen zur Fortentwicklung des praktischen Strahlenschutzes	56
Früherkennung von Krankheiten mit der Computertomographie	57
Die Strahlenbelastung des fliegenden Personals	59
Die Messstation Schauinsland gehört zum weltweiten Netz für die Überwachung des Kernwaffentestverbotes	61
Kontrolle hochradioaktiver Strahlenquellen in Deutschland	63
Internationaler Messvergleich zur Bestimmung der Radioaktivität im Boden	64
Genehmigung von Forschung am Menschen in der Medizin	65
Zwischenlagerung von Kernbrennstoffen	66
Transporte von radioaktiven Stoffen und Kernbrennstoffen	69
Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente Temelín/Tschechische Republik	71
Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm – eine Zwischenbilanz	72
Risikowahrnehmung und Risikokommunikation beim Mobilfunk	73
Die Bedeutung der UV-Strahlung für die Vitamin-D-Produktion	75
Das Netzwerk für biologische Dosimetrie	77
Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken	78
Meldepflichtige Ereignisse in kerntechnischen Einrichtungen der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2005	80
Aufgaben des BfS bei Verlust oder Fund radioaktiver Stoffe oder bei Verdacht einer Straftat im Zusammenhang mit radioaktiven Stoffen – Nuklearspezifische Gefahrenabwehr	81
Überwachung der beruflichen Strahlenexposition durch Radon	82
Abschätzung der jährlichen Lungenkrebsfälle in Deutschland durch natürliches Radon in Wohnungen	83
Ein neues Verfahren zur Ermittlung der Freisetzung von Radon aus Halden	84
BfS: FAKTEN UND ZAHLEN	86
PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	88
PUBLIKATIONEN	92

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

der BfS-Jahresbericht enthält ein eigenes Kapitel, in dem das bisher schwerste Unglück in einem Kernkraftwerk seit dem Beginn der Nutzung der Atomenergie dargestellt und bewertet wird. Der Tag der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl jährte sich im April 2006 zum zwanzigsten Mal und gibt Anlass, Ursachen und Auswirkungen des Unfalls sowie die seitdem gezogenen Konsequenzen darzustellen.

Die Katastrophe ereignete sich in der Nacht vom 25. auf den 26. April 1986 im Block 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl. In den darauf folgenden zehn Tagen wurden große Mengen radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre freigesetzt und mit unterschiedlichen Luftströmungen je nach Wetterlage auf der Nordhalbkugel ungleichmäßig verteilt.

Im Nachgang zu diesem Ereignis, dessen Bewältigung auch erhebliche Mängel im Management eines solchen Unfalls und in der Informationspolitik zeigte, sind national und international Konsequenzen gezogen und unterschiedliche Vorkehrungen getroffen worden.

In Deutschland hatte die Reaktorkatastrophe in Tschernobyl gesellschaftliche Folgen, die bis heute spürbar sind. Die Kontroverse über die Nutzung der Kernenergie erreichte einen Höhepunkt und wurde in alle politischen Parteien hineingetragen. Unmittelbare Folge war die Gründung des Bundesumweltministeriums im Jahr 1986. Im Rahmen seines ersten Arbeitsprogramms zu den Folgen des Reaktorunfalls in Tschernobyl wurden rechtliche Regelungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität (Strahlenschutzvorsorgegesetz) und eine Neukonzeption eines bundesweiten integrierten Mess- und Informationssystem (IMIS) erarbeitet. Zeitgleich mit der Novellierung der Strahlenschutzverordnung wurde im November 1989 das Bundesamt für Strahlenschutz gegründet, welches gemäß Strahlenschutzvorsorgegesetz mit wesentlichen Aufgaben bei der Lageermittlung nach einem kerntechnischen Unfall betraut ist.

Auch die deutschen Kernkraftwerke wurden nach Tschernobyl überprüft. Die Unfälle in Harrisburg im Jahr 1979 und in Tschernobyl 1986 führten u. a. zur Nachrüstung der Anlagen mit einer Einrichtung zur kontrollierten Abgabe radioaktiver Gase an die Umwelt. Außerdem wurde eine periodische Sicherheitsüberprüfung der Kernkraftwerke in Ergänzung der ständigen behördlichen Aufsicht entwickelt, die 2002 in das Atomgesetz als Betreiberpflicht aufgenommen wurde.

Tschernobyl wurde zu einem Symbol des Verlustes wissenschaftlicher Autorität und ungebrochenem

Technikglaubens. Bei dem festzustellenden Vertrauensverlust spielten die widersprüchlichen Informationen und Bewertungen eine wesentliche Rolle. Aber auch der Charakter der ionisierenden Strahlung ist dabei von großer Bedeutung.

Radioaktive Strahlung kann in der Regel vom Menschen nicht sinnlich wahrgenommen werden. Eine unmittelbare Beziehung zwischen Ursache und Wirkung ist nur bei sehr hohen Strahlendosen herstellbar. Die Tatsache, dass Erkrankungsfälle aufgrund Strahlenbelastung von den aus anderen Ursachen entstandenen Erkrankungen nicht unterscheidbar sind, ist einer der Gründe, weshalb sich die von unterschiedlichen Quellen genannten Zahlen der durch den Tschernobyl-Unfall Geschädigten so stark unterscheiden. Der Streit über die Zahlen der Todesopfer darf jedoch nicht vergessen machen, dass die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl ungezählten Menschen gesundheitliches Leid zufügte und sie sozial entwurzelt hat. Volkswirtschaften müssen auch heute noch wesentliche Teile ihres Bruttosozialprodukts für die Bewältigung der Folgen aufwenden.

Wie stark die Erschütterung war, hat Michael Gorbatschow anlässlich des Jahrestags der Katastrophe erneut unterstrichen. Er ist der Auffassung, dass der Reaktorunfall mehr noch als die von ihm begonnene Perestrojka die wirkliche Ursache für den Zusammenbruch der Sowjetunion war.

Die Wahrscheinlichkeit für einen Super-GAU in einem der weltweit 443 noch betriebenen Kernkraftwerke ist klein. Aber sie ist nicht Null. Und das Risiko ist nicht hypothetisch, sondern real. Das ist eine der Lehren aus Tschernobyl.

Deshalb war die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl der Wendepunkt in der Entwicklung der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung. Ich hoffe, dass sich diejenigen, die eine Debatte um den Wiedereinstieg in die Atomenergie führen, nicht auf die Vergesslichkeit der Menschen verlassen.

Neben dem Schwerpunktthema „Tschernobyl“ befasst sich der BfS-Jahresbericht mit ausgewählten Einzelthemen des vergangenen Jahres. So wurde auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle mit dem Bericht „Konzeptionelle und sicherheitstechnische Fragen der Endlagerung - Wirtsgesteine im Vergleich“ eine umfassende fachliche und wissenschaftlich begründete Basis für weitergehende Entscheidungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle vorgelegt.

Mit der Erarbeitung des Entwurfs der „Grundsätze des Bundes für die weitere Entwicklung des Strahlenschutzes“ hat das BfS eine umfassende Bestandsaufnahme der aktuellen Fragestellungen geleistet. Die jeweiligen fachlichen Positionen wurden beschrie-

ben, begründet und Vorschläge für deren Weiterentwicklung gemacht. Es ist Ziel des BfS, die Positionen zu Grundfragen des Strahlenschutzes so weiter zu entwickeln, dass diese für zukünftige Diskussionen und Entwicklungen im Strahlenschutz sowohl national als auch international einen Orientierungs- und Handlungsrahmen darstellen können.

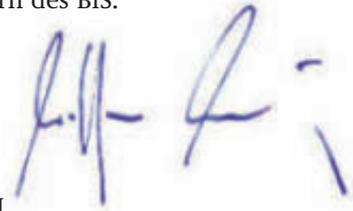
Zu den neuen Aufgaben des BfS, die seit 2005 erfüllt werden, zählt u.a. die Überwachung der Strahlenbelastung des „fliegenden Personals“ und deren Erfassung im Strahlenschutzregister des BfS. Ebenfalls neu ist die Übernahme der Errichtung und des Betriebes eines Registers für hochradioaktive Strahlenquellen gemäß der Europäischen Richtlinie über die Kontrolle hochradioaktiver umschlossener Strahlenquellen und herrenloser Strahlenquellen, die mit dem sog. HRQ-Gesetz in deutsches Recht überführt wurde.

Eine besondere Würdigung auf internationaler Ebene erfuhr die Arbeit des BfS durch die Übernahme der Messstation Schauinsland im Schwarzwald in das

weltweite Netz für die Überwachung des Kernwaffentestverbotes. Zum Jahreswechsel wurde das Bundesamt für Strahlenschutz von der Weltgesundheitsorganisation WHO als eines von fünf weltweiten Kooperationszentren für ionisierende und nichtionisierende Strahlung benannt.

Allen, die uns bei der Erfüllung dieser Aufgaben unterstützt oder durch Fragen und Hinweise unsere Aufmerksamkeit auf bisher nicht bekannte Probleme gelenkt haben, möchte ich an dieser Stelle herzlich danken.

Mein besonderer Dank gilt allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des BfS.



Wolfram König
Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz

TSCHERNOBYL - 20 JAHRE DANACH

Ansprechpartner:

Gerald Kirchner (0 18 88/3 33-41 00)

EINLEITUNG

Am 26. April 1986 ereignete sich im Block 4 des Kernkraftwerkes Tschernobyl in der Ukraine ein schwerer Unfall (siehe auch Textbox). Dies führte dazu, dass während der darauf folgenden etwa 10 Tage große Mengen radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre freigesetzt und über die Nordhalbkugel, insbesondere über Europa, verteilt wurden. Die sich stark verändernden meteorologischen Verhältnisse führten zu mehreren radioaktiven Wolken in unterschiedlichen Himmelsrichtungen. Die anfangs vorherrschende Luftströmung transportierte die radioaktiven Stoffe über Polen nach Skandinavien, eine zweite Wolke zog über die Slowakei, Tschechien und Österreich nach Deutschland und eine dritte Wolke erreichte schließlich die Länder Rumänien, Bulgarien, Griechenland und die Türkei (s. Abb unten).

Die daraus resultierende radioaktive Kontamination in den betroffenen Gebieten variierte erheblich in Abhängigkeit vom Auftreten und der 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. Lokal wurden im Bayerischen Wald und südlich der Donau bis zu 100.000 Becquerel (Bq) Cäsium 137 pro Quadratmeter abgelagert. In der norddeutschen Tiefebene betrug die Aktivitätsablagerung dieses Radionuklids dagegen selten mehr als 4.000 Bq/m² (siehe Abb. auf Seite 7).

Die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl hatte schwerwiegende radiologische, gesundheitliche und sozio-ökonomische Auswirkungen auf die Bevölkerung in Weißrussland, Russland und der Ukraine. In allen anderen Ländern führte dieses Ereignis, obwohl die radiologischen Folgen des Unfalls im Allgemeinen vergleichsweise gering waren, zu einer erhöhten öffentlichen Wahrnehmung der mit der Nutzung



Ausbreitung der radioaktiven Wolken in der Zeit vom 27. April bis 6. Mai 1986 (Grafik: Linie Werbeagentur GmbH)

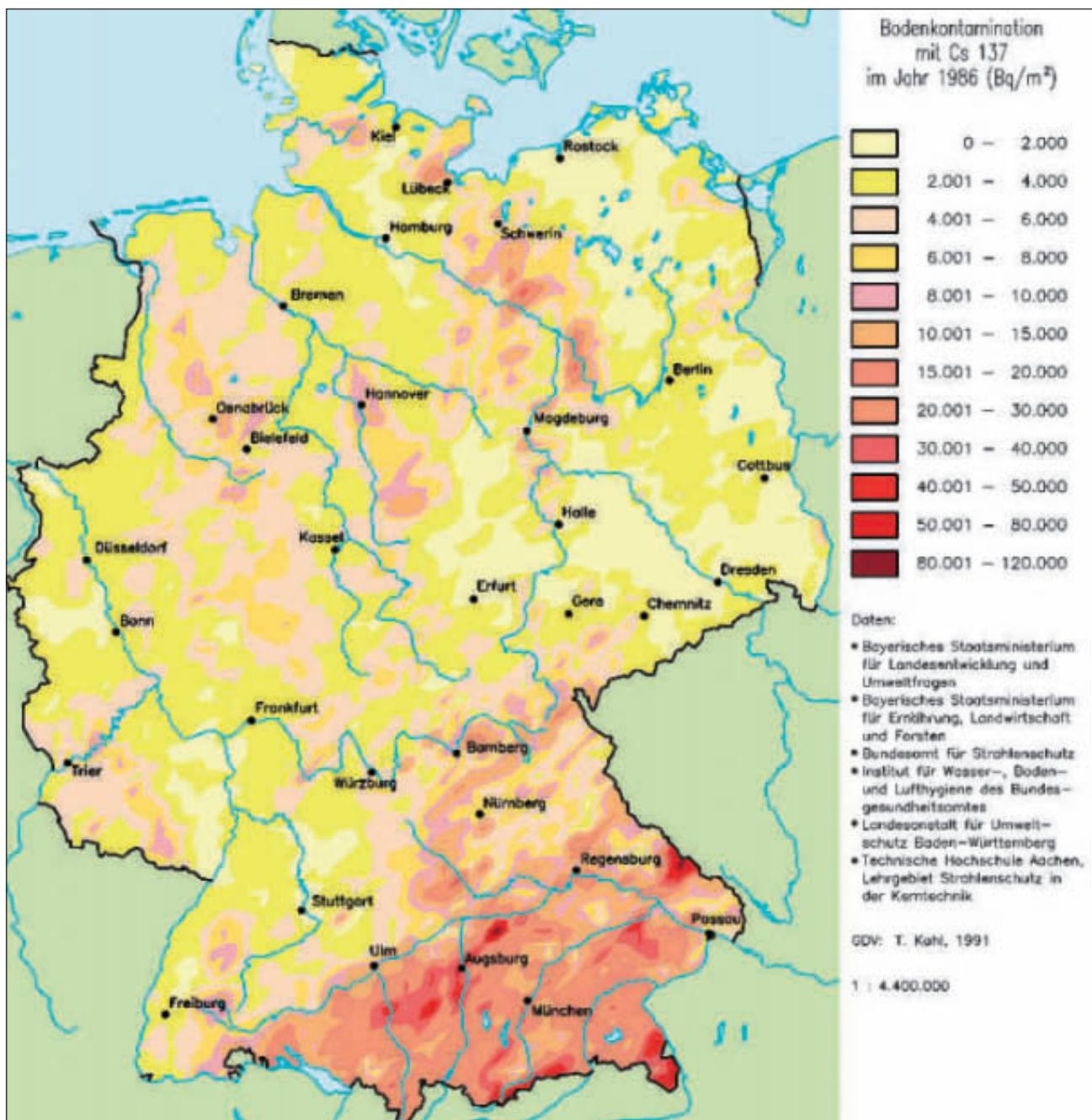
der Kernenergie zur Stromerzeugung verbundenen Risiken.

Als Reaktion auf den Reaktorunfall von Tschernobyl überarbeiteten viele Länder ihre Programme zum Schutz der Bevölkerung vor radioaktiver Strahlung, insbesondere nach nuklearen Unfällen und radiologischen Ereignissen. Nationale und internationale Notfallschutzplanungen wurden überarbeitet. International bindende Übereinkünfte für eine schnelle Benachrichtigung nach einem Unfall, für den Daten- und Informationsaustausch sowie für eine internationale Hilfestellung im Falle eines Unfalls wurden geschaffen.

Auf Bitte des Umweltministers der Ukraine um internationale Unterstützung erklärten die Umweltminis-

ter Frankreichs und Deutschlands anlässlich der Wiener IAEO-Konferenz zum 10. Jahrestag der Katastrophe von Tschernobyl im April 1996 ihre Bereitschaft, die internationale Kooperation zwischen der Ukraine, der Russischen Föderation und Weißrussland zur Aufarbeitung der noch ungelösten Aufgaben im Zusammenhang mit dem Unfall durch eine Deutsch-Französische Initiative (DFI) zu unterstützen.

Im Rahmen dieser DFI wurden gemeinsam mit dem ukrainischen „Tschernobyl Zentrum“ wissenschaftlich-technische Arbeiten zum „Sicherheitszustand des Sarkophags“, zur „Radioökologie“ und zu den „Gesundheitlichen Folgen“ durchgeführt. Ziel war es, die verfügbaren Informationen zu sammeln, aufzuarbeiten, zu überprüfen und zu bewerten sowie elektro-



Bodenkontamination Deutschlands mit radioaktivem Cäsium 137 im Jahr 1986

nisch für die Planung und Durchführung von Schutz- und Gegenmaßnahmen bereitzustellen. Die Ergebnisse der DFI wurden der Öffentlichkeit im Oktober 2004 in Kiew und im Rahmen des Tschernobyl-Forums im September 2005 in Wien vorgestellt.

Eine Reihe von Ländern diskutierte die Beendigung ihres Kernenergieprogramms oder stieg sogar kurzfristig aus der Nutzung der Atomenergie zur Stromerzeugung aus. Neuplanungen und -bauten von Kernkraftwerken fanden nach 1986 in vielen die Kernenergie nutzenden Staaten – unter ihnen Deutschland – nicht mehr statt. Die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl stellt nach und mit dem Unfall von Three Mile Island (Harrisburg/USA) eine Zäsur in der Geschichte der Kernenergie dar. Aus dem häufig als hypothetisch hingestellten Risiko wurde eine reale Gefahr, die von der Bevölkerung in vielen Ländern als bedrohlich empfunden wurde und in den am höchsten kontaminierten Gebieten auch heute noch wird.

Als Folge des Unfalls überarbeiteten und erweiterten viele Länder nach dem Unfall in Tschernobyl ihre Verfahren zur Überprüfung und Verbesserung der Sicherheit von Kernkraftwerken. Darüber hinaus wurde die internationale Zusammenarbeit verstärkt, um vergleichbare Unfälle in Zukunft zu verhin-

dern. So werden Länder, die Kernkraftwerke sowjetischer Bauart betreiben, bei der Verbesserung der Sicherheit der Anlagen sowie bei der Aus- und Weiterbildung von u. a. Reaktorpersonal aktiv unterstützt.

Nahezu 20 Jahre nach dem Unfall hat das Tschernobyl-Forum, das von der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEO), der World Health Organization (WHO) sowie weiteren Institutionen der UNO organisiert wurde und an dem Fachleute aus zahlreichen Ländern, insbesondere Russlands, der Ukraine und Weißrusslands, teilnahmen, einen Bericht über die gesundheitlichen Folgen des Unfalls vorgelegt. Die Ergebnisse dieses Berichts und anderer Veröffentlichungen werden im nachfolgenden Kapitel Gesundheitsfolgen vorgestellt.

Die Bilanz „Tschernobyl – 20 Jahre danach“ gibt einen Überblick über die Umweltfolgen in Deutschland, die Gesundheitsfolgen in der Umgebung von Tschernobyl, aber auch in Deutschland. Es werden Konsequenzen im Notfallschutz, anlagentechnische Konsequenzen, Unterstützungsmaßnahmen für Länder, die Reaktoren sowjetischer Bauart betreiben, Fragen zur Reaktorsicherheit in Osteuropa und die derzeitige Situation in Tschernobyl dargestellt.



Blick in das Innere des zerstörten Reaktorgebäudes

DER UNFALL

Die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl in der Ukraine ereignete sich in der Nacht vom 25. auf den 26.04.1986 und war der bisher weltweit größte Unfall in einer kerntechnischen Anlage. Dieser Unfall ist in der Literatur vielfältig dokumentiert, z. B. im GRS-Bericht „Tschernobyl – Zehn Jahre danach“. Der wesentliche Ablauf wird im Folgenden kurz zusammengefasst

Das Kernkraftwerk Tschernobyl ist mit vier graphitmoderierten Siedewasser-Druckröhren-Reaktoren mit einer elektrischen Leistung von jeweils 1.000 Megawatt (RBMK-1000) ausgerüstet. Reaktoren dieses Typs wurden ausschließlich auf dem Gebiet der ehemaligen Sowjetunion errichtet und weisen im Vergleich zu westlichen Kernkraftwerken schwerwiegende sicherheitstechnische Nachteile auf, die auch für den Unfall mitverantwortlich waren. So führt z. B. die Verwendung von Wasser als Kühlmittel und Graphit als Moderator (Material zur Verlangsamung der Neutronen) zu einem sogenannten positiven Dampfblasenkoeffizienten. Dabei führt eine durch Leistungs- und Temperatursteigerungen im Reaktor verursachte erhöhte Verdampfung des Wassers nicht zu einer Leistungsreduzierung, sondern zu weiteren und unter Umständen nicht mehr kontrollierbaren sprunghaften Leistungs- und Temperaturerhöhungen.

Der Unfall ereignete sich im Block 4 der Anlage während eines Abfahrvorganges zur Revision, d. h. einem planmäßigen langsamen Abschalten des Reaktors zur Durchführung routinemäßiger Instandhaltungs- und Prüfarbeiten. Bei diesem Abfahrvorgang war ein zusätzliches Versuchsprogramm zur Überprüfung verschiedener Sicherheitseigenschaften der Anlage vorgesehen. Das Ziel des Versuchs war der Nachweis, dass die Anlage auch bei einem Verlust von Kühlmittel (Kühlmittelverluststörfall) und einem gleichzeitig angenommenem Ausfall der Stromversorgung (Notstromfall) beherrscht werden kann. In einem solchen Störfall kommt es zu einer sofortigen automatischen Abschaltung des Reaktors. Die mechanische Energie des auslaufenden Rotors im Turbinen-Generator-Satz muss dann ausreichen, den Strombedarf der Hauptspeisepumpen übergangsweise bereitzustellen, bis die Versorgung der Notkühlpumpen durch die Notstromdiesellaggregate gewährleistet ist. Dieser Versuch wurde als rein konventioneller Versuch im Bereich der Elektrotechnik angesehen, bei dem keine Rückwirkungen auf den nuklearen Teil der Anlage erwartet wurden. Durch Unzulänglichkeiten des Versuchsprogramms, unerwartete Bedingungen während der Versuchsdurchführung, mehrere Ver-

stöße gegen die Betriebsvorschriften sowie insbesondere die ungünstigen reaktorphysikalischen und sicherheitstechnischen Eigenschaften dieses Reaktortyps – u. a. der oben beschriebene positive Dampfblasenkoeffizient – kam es zu einer prompt überkritischen Leistungsexkursion, also einer sprunghaften und nicht mehr kontrollierbaren Leistungserhöhung. Sie führte zu einem rapiden Anstieg der Energiefreisetzung in den Brennelementen und im Weiteren zur Zerstörung des Reaktorkerns. Die im Brennstoff gespeicherte Wärme wurde dabei sehr schnell in das umgebende Kühlmittel übertragen und führte zu dessen spontanem Verdampfen. Durch den hohen Druckaufbau kam es zu einer Explosion des Reaktors mit einer Zerstörung des Reaktorgebäudes einschließlich seines Daches und einer Vielzahl resultierender Brände. Insgesamt ist also festzustellen, dass das Zusammentreffen grundlegender Auslegungsmängel der Anlage in Verbindung mit den oben dargestellten Fehlern und Verstößen bei der Betriebsführung als Ursache für die Reaktorkatastrophe anzusehen ist.

Der Unfall hatte eine massive Freisetzung radioaktiver Kernbrennstoffe und Spaltprodukte zur Folge. Sie konnte erst nach zehn Tagen durch den Abwurf von ca. 5000 t Sand, Lehm, Blei und Bor aus Militärhubschraubern auf die Reaktoranlage und das Einblasen von Stickstoff zur Kühlung des geschmolzenen Kernbereichs beendet werden. Die radioaktiven Edelgase Krypton und Xenon sowie das im Kern enthaltene Tritium wurden praktisch vollständig, die leichtflüchtigen Jod- und Cäsiumisotope etwa zur Hälfte bis zu einem Drittel und die schwerflüchtigen Nuklide wie Strontium und alphastrahlende Aktiniden zu etwa 3 bis 4 % des Kerninventars freigesetzt. Die Aktivität der freigesetzten radioaktiven Stoffe – ohne Berücksichtigung der meist kurzlebigen Edelgase und des Tritiums – lag in der Größenordnung von 2×10^{18} Bq. Aufgrund der Explosion und der nachfolgenden Brände kam es zu Freisetzungen in große Höhen und damit zu Ausbreitungen über weite Teile Europas, u. a. bis nach Skandinavien und Großbritannien. Die örtliche Verteilung der Kontamination wurde nicht nur durch die in der zehntägigen Freisetzungsphase vorherrschenden Winde, sondern entscheidend durch die Intensität der Regenfälle in diesem Zeitraum geprägt, durch die die radioaktiven Stoffe ausgewaschen und niedergeschlagen wurden. Dementsprechend ergaben sich lokal sehr unterschiedliche Kontaminationsgrade. Am stärksten betroffen waren Gebiete in der nördlichen Ukraine, in Weißrussland und im Westen Russlands.

UMWELTFOLGEN DES REAKTORUNFALLS IN TSCHERNOBYL

Ansprechpartner:

Martin Steiner (0 18 88/3 33-25 49)

In Deutschland wurde Ende der 50er Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts mit systematischen Messungen insbesondere von radioaktivem Cäsium und Strontium in verschiedenen Umweltmedien begonnen. Die Bundesanstalt für Ernährung (jetzt Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, BfEL) beobachtete in allen tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln einen steilen Anstieg der Aktivität der gemessenen Radionuklide bis 1964, der auf den Niederschlag oberirdischer Kernwaffenversuche (Fallout) zurückging. Der relativ schnelle Abfall bis 1970 lässt sich durch den Rückgang der direkten Ablagerung auf Pflanzen infolge des Atomwaffenteststoppabkommens erklären. Danach reduzierten sich die Aktivitätskonzentrationen in der Nahrung kontinuierlich, bis 1986 der Tschernobyl-Fallout die Kontaminationen wieder deutlich erhöhte. Für die Strahlenexposition des Menschen infolge des Reaktorunfalls von Tschernobyl waren insbesondere radioaktives Cäsium (Cs-137 und Cs-134) und Jod (I-131) von Bedeutung. Heute spielt in Mitteleuropa praktisch nur noch das langlebige Cs-137 eine Rolle. Dieses Radionuklid ist auf Grund seiner Halbwertszeit von etwa 30 Jahren seit 1986 bis heute nur zu knapp 40 % zerfallen und wird insgesamt etwa 300 Jahre (10 Halbwertszeiten) zur Belastung von Mensch und Umwelt beitragen.

Bereits kurz nach dem Eintreffen der radioaktiven Luftmassen in Deutschland Ende April/Anfang Mai 1986 führte die direkte Ablagerung radioaktiver Stoffe auf Weideflächen und einigen wenigen erntereifen Kulturen zu hohen Gehalten von I-131 in Kuhmilch und Blattgemüse wie beispielsweise Spinat im süddeutschen Raum. Als Reaktion darauf empfahl die Strahlenschutzkommission (SSK) Anfang Mai 1986, nur Frischmilch mit weniger als 500 Bq/l I-131 und frisches Blattgemüse mit weniger als 250 Bq/kg I-131 zum direkten Verzehr freizugeben. Einige Bundeslän-

der legten wesentlich strengere Maßstäbe an, beispielsweise mit der Empfehlung, Frischmilch mit Konzentrationen an I-131 oberhalb 20 Bq/l nicht zu verzehren. Wegen seiner kurzen Halbwertszeit von etwa 8 Tagen war I-131 bereits nach wenigen Wochen weitgehend zerfallen. Die gesamte Belastung durch radioaktives Jod rührte von einer Menge von weniger als 1 Gramm her, die sich über der damaligen Bundesrepublik Deutschland abgelagert hatte. Die auf der gleichen Fläche abgelagerte Menge Cäsium 137 lag nach Angaben der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF) bei etwa 230 Gramm.

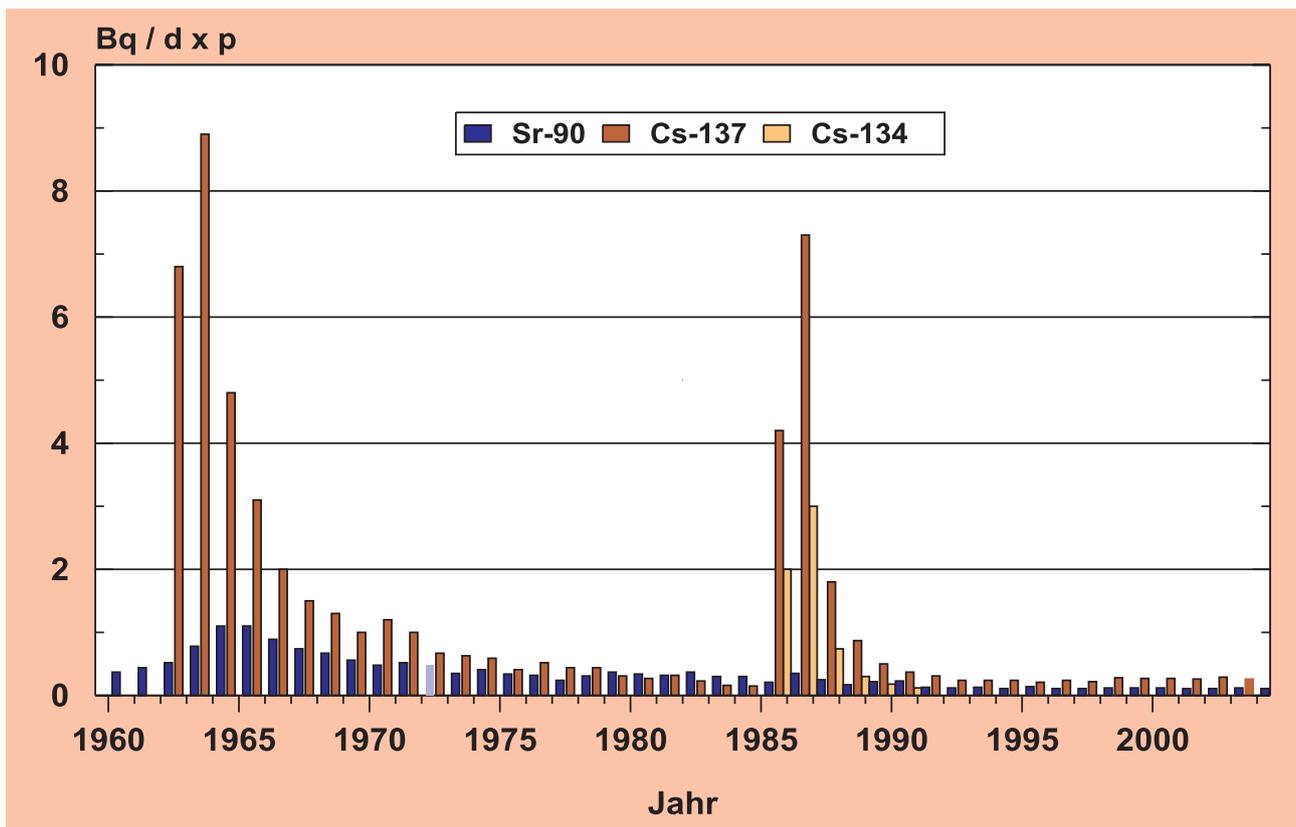
Für eine kurze Zeitperiode empfahl die Strahlenschutzkommission aus Vorsorgegründen zusätzlich einen Richtwert von 100 Bq/kg Cs-137 für das im Freiland angebaute und zur Ernte anstehende Blattgemüse, das zu lagerfähigen Lebensmitteln weiterverarbeitet wird. Ende Mai 1986 verordnete die EU Grenzwerte für die Einfuhr landwirtschaftlicher Erzeugnisse aus Drittländern. Diese auch heute noch gültigen Höchstwerte beziehen sich auf die Summe von Cs-137 und Cs-134 und betragen 370 Bq/kg für Milch, Milchprodukte und Kleinkindernahrung und 600 Bq/kg für alle übrigen Lebensmittel. Nach der deutschen Rechtsprechung dürfen höher kontaminierte Lebensmittel auch innerhalb Deutschlands nicht in den Verkehr gebracht werden.

Auch pflanzliche Nahrungs- und Futtermittel, die noch nicht zur Ernte anstanden, waren von der direkten Ablagerung der Radionuklide aus der Atmosphäre auf die oberirdischen Pflanzenteile betroffen. Ein großer Teil des abgelagerten Radiocäsiums (Cs-137 und Cs-134) gelangte in diesem Fall über das Blatt in die Pflanze und wurde dort verteilt. Langfristig hingegen wurde Radiocäsium im Wesentlichen über die Wurzeln aus dem Boden aufgenommen. Radiocäsium kann auf den mineralischen Böden vieler Ackerflächen stark an bestimmte Tonminerale gebunden werden. Dadurch steht es nur in sehr ge-

	Spezifische Cs-137-Aktivität in Bq/kg Frischmasse bzw. Bq/l			
	Probenzahl	Minimalwert	Maximalwert	Mittelwert
Milch (Sammelmilch)	795	0,01	2,5	0,2
Fleisch (Rind, Kalb, Schwein, Geflügel)	786	0,04	13,8	0,5
Blattgemüse ¹⁾	559	0,02	1,8	0,2
Frischgemüse ohne Blattgemüse ¹⁾	503	0,02	0,5	0,1
Kartoffeln	163	0,03	0,7	0,2
Getreide	563	0,02	2,1	0,2

¹⁾ Freilandanbau

Messergebnisse aus dem Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) für landwirtschaftliche Produkte aus inländischer Erzeugung im Jahr 2005



Tägliche Zufuhr von Cs-137, Cs-134 und Sr-90 mit der Gesamtnahrung in Bq pro Person und Tag

ringem Maß für die Aufnahme über die Wurzeln zur Verfügung. Landwirtschaftliche Kulturen, die erst nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl ausgesät oder angepflanzt wurden, waren bereits im Sommer 1986 pro kg nur noch mit wenigen Bq Radiocäsium kontaminiert. Auch heute liegt der Gehalt von Cs-137 in landwirtschaftlichen Produkten aus inländischer Erzeugung in dieser Höhe und darunter (siehe Tabelle auf Seite 10). In Deutschland werden mit Nahrungsmitteln aus landwirtschaftlicher Erzeugung im Mittel rund 100 Bq Cs-137 pro Person und Jahr aufgenommen. Einen Überblick über die tägliche Zufuhr von Cs-137, Cs-134 und Sr-90 mit der Gesamtnahrung gibt die Abbildung oben.

Ganz anders stellt sich die Situation bei Nahrungsmitteln des Waldes dar. Insbesondere bei Speisepilzen und Wildbret können auch 20 Jahre nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl deutlich erhöhte Cs-137-Aktivitäten gemessen werden. Die Ursache hierfür ist der im Vergleich zu Ackerflächen andere Bodenaufbau. Wälder zeichnen sich durch so genannte organische Auflageschichten auf den Mineralböden aus. In diesen Schichten, die aus sich zersetzender Streu gebildet werden und reich an Bodenorganismen und Nährstoffen sind, ist Cäsium leicht verfügbar und wird schnell durch Bodenorganismen, Pilze und Pflanzen aufgenommen. Cäsium bleibt in die für nährstoffarme Ökosysteme typischen, sehr wirkungsvollen Nährstoffkreisläufe eingebunden und wandert deshalb kaum in die mineralischen Boden-

schichten ab, wo es ähnlich wie auf landwirtschaftlichen Böden durch bestimmte Tonminerale fixiert werden kann. Der Cäsiumgehalt von Waldprodukten nimmt daher in der Regel nur langsam ab. Höher kontaminierte Nahrungsmittel aus dem Wald sind in den Teilen Deutschlands zu erwarten, die vom Tschernobyl-Fallout besonders betroffen waren. Dies sind insbesondere der Bayerische Wald und die Gebiete südlich der Donau. In anderen Regionen, wie etwa dem Norden Deutschlands, sind die Aktivitätswerte wegen der geringeren Ablagerung von Radiocäsium entsprechend niedriger. Eine auch lokal sehr hohe Schwankungsbreite des Cs-137-Gehalts ist für wild wachsende Pilze und Wildbret charakteristisch.

Bei wild wachsenden Speisepilzen sind nicht nur regional, sondern auch artspezifisch sehr unterschiedliche Kontaminationen festzustellen. In Maronnröhrlingen (Abb. Seite 12 oben links) und Semmelstoppelpilzen aus Südbayern und dem Bayerischen Wald werden noch bis zu einige 1.000 Bq/kg Cs-137 gemessen. Steinpilze und Pfifferlinge können mehrere 100 Bq/kg aufweisen, bei Parasolpilzen (Abb. Seite 12 oben rechts) sind es bis zu 100 Bq/kg.

Die Belastung von Pilzen hängt sowohl von der Cs-137-Konzentration in der Umgebung des Pilzgeflechts (Myzels) als auch vom speziellen Anreicherungsvermögen der jeweiligen Pilzart ab. Die Aktivitätswerte in Pilzen, die ihre Nährstoffe aus den oberen Bodenschichten beziehen, werden wegen der



In Maronenröhrlingen werden noch bis zu einige 1000 Bq Cs-137 pro kg gemessen

fortschreitenden Tiefenverlagerung der Radionuklide in den nächsten Jahren weiter langsam zurückgehen. Gleichzeitig ist zu erwarten, dass bei einigen wenigen Pilzarten mit Myzelien im humusreichen Oberboden unterhalb der organischen Auflageschichten nahezu unveränderte oder sogar leicht erhöhte Radiocäsiumaktivitäten gemessen werden, da sich Cs-137 in diesen Schichten anreichert. Die radioaktive Belastung einer Pilzart schwankt von Standort zu Standort allerdings wesentlich stärker als die Änderungen von Jahr zu Jahr.

Wildbret ist je nach Region und Tierart sehr unterschiedlich belastet. Als Anhaltspunkt kann man davon ausgehen, dass an vergleichbaren Standorten der durchschnittliche Gehalt von Cs-137 im Muskelfleisch in der Reihenfolge Wildschwein, Reh und Rothirsch abnimmt. So wurden in einem vergleichsweise hoch belasteten Untersuchungsgebiet im Bayerischen Wald für Wildschweine im Jahr 2004 Werte zwischen 80 und 40.000 Bq/kg bei einem Mittelwert von rund 7.000 Bq/kg gemessen. Im Vergleich dazu betrug die Belastung von Rehwild im Jahr 2004 im Mittel etwa 700 Bq/kg und erreichte Werte bis rund 2.100 Bq/kg. Die Belastung von Rothirschen lag bis auf eine Ausnahme im Jahr 2004 stets unter 300 Bq/kg. Mit einem Radiocäsiumgehalt unter dem Grenzwert von 600 Bq/kg war dieses Fleisch vermarktungsfähig.

Sowohl die Höhe der Belastung verschiedener Wildtierarten als auch deren jahreszeitlicher Verlauf hängen eng mit dem Ernährungsverhalten und dem Futterangebot zusammen. Höhere Kontaminationen



Parasolpilze weisen Cs-137-Aktivitäten von bis zu 100 Bq pro kg auf

sind insbesondere dann zu erwarten, wenn die Tiere ihr Futter vornehmlich im Wald suchen und nicht auf landwirtschaftlichen Flächen äsen. Abgesehen von jahreszeitlichen Schwankungen verringerte sich bei Rehwild und Rotwild der Cs-137-Gehalt des Muskelfleisches seit 1987 kontinuierlich. Dies entspricht den Erwartungen. In dem Maß, in dem Radiocäsium im Waldboden aus dem Wurzelbereich in tiefere Schichten wandert, sollte die radioaktive Belastung der Futterpflanzen und damit auch des Muskelfleisches von Reh- und Rotwild abnehmen.

Ganz anders ist die Situation bei Wildschweinen, wo nach einer stetig geringer werdenden Abnahme und einer Stagnation seit 1995 eine erneute Aktivitätszunahme beobachtet werden kann. Tendenziell steigende Belastungen bei einer großen Streuung einzelner Messwerte wurden auch in niedriger belasteten Gebieten wie etwa dem Pfälzerwald beobachtet. Eine besondere Rolle spielen hierbei die unterirdisch wachsenden Hirschtrüffel, die mehr als zehnmal so hoch belastet sein können wie die oberirdischen Fruchtkörper von Speisepilzen. Obwohl Hirschtrüffel im Durchschnitt nur einen kleinen Teil des Futterspektrums der Wildschweine ausmachen, leisten sie wegen ihres außergewöhnlich hohen Cs-137-Gehalts den mit Abstand bedeutendsten Beitrag zur Radiocäsiumaufnahme dieser Tiere. Wegen der fortschreitenden Tiefenverlagerung von Radiocäsium im Waldboden ist langfristig auch bei Wildschweinen wie bei allen Nahrungsmitteln aus dem Wald mit einer langsamen Abnahme der Belastung zu rechnen.



Aufgrund ihrer Vorliebe für Hirschtrüffel sind Wildschweine im Vergleich zu anderem Wildbret am höchsten belastet (Foto: FotoNatur)

Wichtig für die Beurteilung möglicher gesundheitlicher Folgen ist die Strahlenbelastung, die sich aus dem Verzehr kontaminierter Lebensmittel ergibt. In Deutschland ist es nicht erlaubt, Lebensmittel mit einem Radiocäsiumgehalt von mehr als 600 Bq/kg in den Handel zu bringen. Diese Beschränkung gilt jedoch nicht für den Eigenverzehr. Als Faustregel gilt, dass die Aufnahme von etwa 80.000 Bq Cs-137 bei Erwachsenen einer Strahlenbelastung von etwa 1 mSv entspricht. Eine Pilzmahlzeit mit 200 g höher kontaminierten Maronenröhrlingen aus Südbayern mit etwa 4.000 Bq/kg Cs-137 hätte beispielsweise eine Strahlenbelastung von 0,01 mSv zur Folge. Eine Dosis von 0,01 mSv entspricht weniger als ei-

nem Hundertstel der jährlichen natürlichen Strahlenbelastung. Diese beträgt in Deutschland im Mittel 2,1 mSv und liegt je nach örtlichen Gegebenheiten zwischen 1 und 10 mSv.

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 für sich persönlich die Strahlenbelastung so gering wie möglich halten möchte, sollte deshalb auf den Verzehr von vergleichsweise hoch kontaminierten Pilzen und Wildbret wie aus dem Bayerischen Wald, insbesondere Wildschweinen, verzichten.

GESUNDHEITSFOLGEN DES REAKTORUNFALLS IN TSCHERNOBYL

Ansprechpartner:

Klaus Martignoni (0 18 88/3 33-22 60)

Beim Reaktorunfall in Tschernobyl wurden große Mengen von Radionukliden in die Umwelt freigesetzt, insbesondere die radioaktiven Isotope des Cäsiums und des Jods. Die Freisetzungen führten zu Strahlenbelastungen von außen durch die abgelagerten Radionuklide und zu einer Strahlenbelastung von innen durch die Aufnahme in den Körper mit der Atemluft sowie mit Lebensmitteln und Trinkwasser.

Der Tschernobylunfall verursachte unmittelbar den Tod von etwa 50 Beschäftigten des Kernkraftwerks und Feuerwehrleuten, die innerhalb weniger Tage und Wochen an den Unfallfolgen starben. Darüber hinaus waren in den Jahren 1986 und 1987 etwa 200.000 Personen als Rettungskräfte und Aufräumarbeiter (sog. Liquidatoren) innerhalb der 30-km-Sperrzone eingesetzt. Weitere Aufräumarbeiten wurden bis etwa 1990 durchgeführt. Die Gesamtzahl der zum Einsatz gekommenen Liquidatoren betrug etwa 600.000 Personen. 1986 wurden etwa 120.000 Bewohner aus der unmittelbaren Umgebung des Unfallreaktors evakuiert, in den Folgejahren noch einmal etwa 220.000. Außerhalb der Evakuierungszone leben in der weiteren Umgebung, die als signifikant kontaminiert gilt (mehr als 37.000 Bq/m²), etwa 7 Millionen Menschen, davon über 280.000 in Gebieten mit einer Cs-Kontamination von über 555.000 Bq/m².

Die folgende Zusammenfassung der Gesundheitsfolgen konzentriert sich auf die unmittelbar durch Strahlung verursachten Erkrankungen. Es darf dabei aber nicht vergessen werden, dass durch den Unfall selbst und die notwendigen Katastrophenschutzmaßnahmen wie Evakuierung, Beschränkungen im Verzehr von Lebensmitteln, Zugangsbeschränkungen usw. weitere gesundheitsrelevante Folgen ausgelöst wurden. Auch die mit dem Unfall verbundene Destabilisierung der lokalen und regionalen gesellschaftlichen Strukturen blieb nicht ohne Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der betroffenen Menschen.

Bei Strahlenexpositionen mit Werten über 500 mSv treten gesundheitliche Schäden innerhalb von Stunden, Tagen oder wenigen Wochen auf. Der Zusammenhang zwischen Strahlenbelastung und Erkrankung ist in der Regel unmittelbar erkennbar. Es treten die charakteristischen Erkrankungen auf, die als Strahlensyndrome bekannt sind. Je nach Höhe und Art der Strahlenexposition können die Erkrankungszeichen von verbrennungsähnlichen Hautschäden über unstillbare Blutungen, starkem Erbrechen bis

zum Zusammenbruch des blutbildenden Systems reichen und ein lebensbedrohendes Krankheitsbild ergeben, das nur schwer oder überhaupt nicht medizinisch behandelbar ist.

Liegt die Höhe der Strahlenbelastung unterhalb der Schwelle, die zum Strahlensyndrom führt, können langfristig Leukämien und Krebs als strahlenbedingte Erkrankungen ausgelöst werden. Diese durch Strahlung ausgelösten Erkrankungen lassen sich im Krankheitsbild nicht von den bösartigen Erkrankungen unterscheiden, die durch andere Ursachen in der Bevölkerung auftreten. Ihr Auftreten liegt häufig Jahre bis Jahrzehnte nach der Strahlenexposition. Ein Nachweis, dass Strahlung als Ursache für diese Spät- oder Langzeitfolgen verantwortlich ist, kann nur über epidemiologische Untersuchungen erbracht werden, die belegen, dass in der bestrahlten Personengruppe häufiger bösartige Erkrankungen oder genetische Schäden beobachtet werden können als in einer sonst gleichartigen Bevölkerung. Ein Nachweis im Einzelfall ist bisher nicht möglich.

GESUNDHEITLICHE FOLGEN BEI RETTUNGSKRÄFTEN UND AUFRÄUMUNGSARBEITERN SOWIE BEI DER BEVÖLKERUNG IN DER UMGEBUNG VON TSCHERNOBYL

Frühschäden

Abgesehen von den Atombombenopfern von Hiroshima und Nagasaki wurde fast die Hälfte aller Fälle mit einem zumeist tödlichen verlaufenden akuten Strahlensyndrom durch den Reaktorunfall von Tschernobyl verursacht. Betroffen waren Beschäftigte des Reaktors Tschernobyl und Feuerwehrleute.

Nach dem Bericht des Tschernobyl-Forums (IAEO, WHO, UNDP¹, FAO², UNEP³, UNOCHA⁴, UNSCEAR⁵, World Bank, Regierungen von Belarus (Weißrussland), Russland, Ukraine) aus dem Jahr 2005 werden etwa 50 Todesfälle direkt auf Strahlenwirkungen infolge des Reaktor-Unfalls zurückgeführt. 3 Personen

¹ United Nations Development Programme

² Food and Agriculture Organization of the United Nations

³ United Nations Environment Programme

⁴ United Nations Office for the Co-ordination of Humanitarian Affairs

⁵ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation



Versorgung eines Mannes mit schweren Verbrennungen, der bei den Löscharbeiten am Reaktor in Tschernobyl sehr hohen Dosen ausgesetzt war (Foto: svbilderdienst)

starben unmittelbar aufgrund schwerer Verletzungen und Verbrennungen. Von den 134 Werksangehörigen und Feuerwehrleuten mit akutem Strahlensyndrom starben 28 Personen innerhalb weniger Tage oder Wochen nach dem Unfall (maximale Überlebenszeit 96 Tage). Daneben erhielten einige Personen durch Betastrahlung hohe Hautdosen bis 500 Gy, die schwere Verbrennungen verursachten und eine medizinische Behandlung zusätzlich erschwerten. Die bei 13 Patienten mit akutem Strahlensyndrom durchgeführten Knochenmarks-Transplantationen erwiesen sich als wenig erfolgreich. Nur zwei der so behandelten Patienten überlebten. In den Folgejahren (1987 – 2004) verstarben weitere 19 Personen, die wegen eines akuten Strahlensyndroms behandelt wurden, davon 3 mit schweren Bluterkrankungen.

In der Bevölkerung, insbesondere bei den evakuierten Personen aus der Umgebung Tschernobyls, wurden keine akuten Strahlenschäden berichtet.

Spätschäden

Schilddrüsenkrebs

In den Jahren 1992 bis 2002 wurden rund 5.000 Erkrankungsfälle mit Schilddrüsenkrebs in der Bevölke-



Auch 16 Jahre nach dem Reaktorunglück wird an (überwiegend) Frauen noch Schilddrüsenkrebs, der auf den Unfall zurückzuführen ist, festgestellt (hier: An der abgebildeten Patientin aus der Tschernobyl-Region wurde 2002 und wieder 2005 Schilddrüsenkrebs diagnostiziert) (Foto: picture alliance/dpa)

rung von Belarus, Russland und der Ukraine festgestellt. Die Krebsfälle sind auf die Belastungen mit radioaktivem Jod zurückzuführen, dem die später erkrankten Personen meist als Kinder und Jugendliche im Alter von 0 bis 18 Jahren in den ersten Tagen (bis 2 Monaten) nach dem Unfall durch den Fallout ungeschützt ausgesetzt waren. Nach Aufnahme in den Körper reichert sich radioaktives Jod in der Schilddrüse an. In den untersuchten Personengruppen wurden mittlere Schilddrüsendosen von etwa 0,3 Gy ermittelt, die Maximalwerte lagen bei etwa 50 Gy.

Für die meisten Experten unerwartet war die Beobachtung, dass bereits vier Jahre nach dem Reaktorunfall gehäuft Schilddrüsenkrebs in den am höchsten kontaminierten Gebieten in Belarus auftrat. Zu verzeichnen war ein Anstieg der Schilddrüsenkrebsrate um mehr als sechsfach. Diese Unfallfolge war offensichtlich direkt der Strahlenexposition zuzuordnen, weil ohne Strahlenbelastung Schilddrüsenkrebs bei Kindern und Jugendlichen kaum auftritt. Nach Angaben der WHO (2006) wurden etwa 40 Prozent der Fälle im Rahmen medizinischer Vorsorgeuntersuchungen entdeckt, 60 Prozent der Patienten kamen wegen Beschwerden.

Mindestens 9 Kinder sind an Schilddrüsenkrebs gestorben. Die meisten Patienten konnten durch operatives Entfernen der Schilddrüse und anschließende Radiojodtherapie erfolgreich erstbehandelt werden.

Die erforderliche Weiterbehandlung muss regelmäßige Untersuchungen und die tägliche Einnahme von Medikamenten, um die Funktionen der Schilddrüse zu ersetzen, einschließen und führt zu entsprechend erschwerten Lebensbedingungen. Andere Angaben über Funktionsanomalien der Schilddrüse und die Entwicklung von Schilddrüsenknoten infolge des Tschernobyl-Unfalls sind wenig konsistent. Deutsche Nuklearmediziner (wie Prof. Reiners, Universität Würzburg) und auch verschiedene private Hilfsorganisationen (z. B. Otto-Hug-Strahleninstitut – MHM, München) leisten für die an Schilddrüsenkrebs erkrankten Personen in den Staaten der ehemaligen Sowjetunion medizinische Hilfe.

Andere Krebserkrankungen und Leukämie

Bei den Liquidatoren, für die Dosen über 150 mGy dokumentiert sind, wurden im Vergleich zu einer Gruppe mit einer niedrigeren Exposition für die ersten 10 Jahre nach dem Unfall (1986 – 1996) eine 2,2-fach höhere Leukämie-Inzidenz festgestellt. Für die zweite Untersuchungsperiode von 1997 bis 2003 konnte dieser Unterschied in den Leukämie-Inzidenzraten allerdings nicht mehr bestätigt werden. Für Liquidatoren, die in weniger als 6 Wochen bei ihrer Tätigkeit in der 30-km-Zone eine Dosis von über 150 mGy erhalten hatten, zeichnet sich eine Zunahme von Herz-Kreislauf-Erkrankungen ab. Bei Kindern und Erwachsenen der Bevölkerung konnte mit Ausnahme der erhöhten Schilddrüsenkrebserkrankungen bisher kein Nachweis für erhöhte Krebsraten oder Leukämie in der Folge des Tschernobylunfalls erbracht werden. Aus ökologischen Studien gibt es entsprechende Hinweise, die aber bisher nicht durch analytische epidemiologische Untersuchungen bestätigt werden konnten.

Das Tschernobyl-Forum (2005) geht aufgrund der Expositionsabschätzungen und auf Basis der etablierten Risikokoeffizienten für strahlenverursachte Krebserkrankungen davon aus, dass bei den etwa 600.000 Personen aus besonders betroffenen Personengruppen (200.000 Liquidatoren der Jahre 1986 – 1987, 120.000 evakuierte Personen aus besonders kontaminierten Regionen, 280.000 Bewohner der am höchsten radioaktiv kontaminierten Gebiete) mit einigen tausend zusätzlichen Todesfällen durch Krebserkrankungen gerechnet werden muss. In dieser Personengruppe ist mit 100.000 bis 150.000 aufgrund anderer, nicht näher bestimmbarer Ursachen (sog. spontanen) Krebsfällen zu rechnen. Zusätzlich wird abgeschätzt, dass auch bei den Bewohnern, die jetzt noch in der radioaktiv kontaminierten Zone in Bela-

rus, der Ukraine und Russland leben (ca. 7 Millionen), nochmals einige tausend zusätzliche tödliche Krebsfälle hinzukommen. Insgesamt wird vom Tschernobyl-Forum abgeschätzt, dass durch den Tschernobyl-Unfall in der ehemaligen UdSSR zwischen 5.000 und 10.000 zusätzliche Todesfälle durch Leukämie und Krebs verursacht sein könnten.

Zu den strahlenbedingten Krebs- und Leukämiefällen durch den Unfall von Tschernobyl gibt es sehr unterschiedliche Angaben. Der Grund dafür ist, dass in den ersten Jahren nach dem Jahr 1986 nur unvollständige Erkenntnisse über das Ausmaß des Unfalls vorlagen, der Kreis der betroffenen Personen nicht genug bekannt war und nur pauschale Risikoschätzungen für eine vermutete zukünftige Entwicklung der Erkrankungen bei den Betroffenen abgegeben werden konnte. Je nachdem wie die Größe der Bevölkerungsgruppen (Liquidatoren, Evakuierte etc.) angenommen und mit welchen Risikomodellen gerechnet wird, lassen sich für die Zukunft verschiedene Prognosen über die Zahl des Todesfälle abgeben. Während unmittelbar nach dem Unfall in Tschernobyl die Abschätzungen sehr hoch lagen, – Gofman ging von rund 300.000 bis 400.000 zusätzlichen Krebsfällen in den nächsten 70 Jahren in der ehemaligen Sowjetunion und in Europa aus (192. Tagung der American Chemical Society, Anaheim, Sept. 1986) und die IAEO schätzte im Jahr 1986 bei einer betroffenen Bevölkerung von 75 Millionen im europäischen Teil der ehemaligen Sowjetunion mit zusätzlichen 20.000 bis 30.000 Krebstodesfällen (IAEA-INSAG-Bericht 75, 1986) –, sind die Angaben verschiedener wissenschaftlicher Gremien (UNSCEAR, WHO etc.) inzwischen niedriger. Allerdings darf auch bei den neueren Angaben nicht vergessen werden, dass es sich dabei nur um Schätzungen handelt, die auf Konventionen, Einschätzungen von Experten und oft nicht belegbaren Daten über bestrahlte Bevölkerungsgruppen beruhen. Aufgrund der Unsicherheiten, die in der Datenbasis und den Abschätzverfahren liegen, kann die wahre Zahl der zusätzlichen Leukämie- und Krebsfälle um etwa den Faktor 2 höher oder niedriger liegen als die aktuell vom Tschernobyl-Forum genannte Zahl von 5.000 bis 10.000.

Abgesehen von den genannten etwa 600.000 besonders betroffenen Personen waren die zusätzlichen Expositionen bei den anderen Einsatzkräften und für die Bevölkerung, die in der Umgebung von Tschernobyl lebte, in einer Größenordnung, die etwa vergleichbar ist mit der Dosis durch die natürliche Strahlung eines Jahres. Mit epidemiologischen Methoden wird daher kaum nachgewiesen werden können, dass Erkrankungen wie Leukämien, angeborene Fehlbildungen, Totgeburten oder ungünstige Schwangerschaftsverläufe in den Jahren nach dem Unfall in Tschernobyl in der Bevölkerung zugenommen haben. Dies

wird auch durch die Ergebnisse von Forschungsvorhaben bestätigt, die im Rahmen des Ressortforschungsprogramms des Bundesumweltministeriums (UFOPLAN) gefördert wurden (Entwicklung der Leukämieraten bei Kindern in den durch Tschernobyl radioaktiv belasteten Gebieten der ehemaligen Sowjetunion; Schilddrüsenexposition von weißrussischen und ukrainischen Kindern nach dem Tschernobyl-Unfall und resultierendes Schilddrüsenkrebsrisiko).

Die Beurteilung der gesundheitlichen Folgen des Tschernobyl-Unfalls wird weiter dadurch erschwert, dass bedingt durch den politischen Umbruch in der ehemaligen Sowjetunion keine kontinuierlichen Gesundheitsstatistiken aus Belarus, Russland und der Ukraine vorliegen. Weiterhin hatte der politische Umbruch tiefgehende gesellschaftliche Folgen mit negativen Auswirkungen auch auf das Gesundheitssystem der unmittelbar betroffenen Länder.

Der Tschernobyl-Unfall hatte einerseits durch die Strahlenbelastung, andererseits aber auch durch die notwendigen Katastrophenschutzmaßnahmen und deren Folgen schwerwiegende Auswirkungen auf die seelisch-geistige Gesundheit und das Wohlbefinden der Bevölkerung in den betroffenen Regionen und bei den Liquidatoren (Einsatzkräften). Stress infolge von Umsiedlungen, Gerüchten und Fehlinformationen über Strahlung sowie Verlust des Vertrauens in staatliche Institutionen und deren Verlautbarungen führten zu einem „paralysierenden Fatalismus“ mit Depressionen, der Beeinträchtigung des Selbstbewusstseins und psychosomatischen Erkrankungen. Eine zusätzliche Bedrohung für die Gesundheit von in den radioaktiv kontaminierten Gebieten lebenden Personen stellten häufig die mit den gesellschaftlichen Umbrüchen verbundenen psychosozialen und wirtschaftlichen Probleme wie Armut und durch die Lebensumstände bedingte Erkrankungen dar.

Gesundheitliche Folgen für die deutsche Bevölkerung

Aufgrund der Höhe der in Deutschland festgestellten Strahlenbelastungen durch den Tschernobyl-Unfall können akute Strahlenschäden ausgeschlossen werden. Mehr noch als für die höher belasteten Gebiete in Belarus, Russland und der Ukraine gilt für Deutschland, dass sich mögliche strahlenbedingte Krebsfälle durch Tschernobyl nur schwer vor dem Hintergrund der sog. spontanen Krebshäufigkeit nachweisen lassen werden. Auch für das vermehrte Auftreten von Schilddrüsenkrebs bei Kindern gibt es in Deutschland keine Hinweise.

Infolge von Medienberichten und der Beunruhigung großer Bevölkerungsgruppen veranlasste das damalige Institut für Strahlenhygiene (ISH) des Bundesge-

sundheitsamtes eine Untersuchung, ob nach dem Tschernobyl-Unfall in den vom Fallout stärker betroffenen Gebieten Deutschlands häufiger ungünstige Schwangerschaftsverläufe (Konzeption zwischen April und Dezember 1986) wie Frühgeburten, Mangelgeburten oder Totgeburten zu beobachten sind als in den übrigen Gebieten. In der Erhebung bei über 5 000 Schwangeren konnten keine Schäden bei Neugeborenen (Fehlbildungen und andere teratogene Strahlenwirkungen) festgestellt werden (ISH-Bericht-157/1992: Hoeltz, A. Hoeltz, P. Potthoff, A. Brachner, B. Grosche, G. Hinz, A. Kaul, K. Martignoni, H.-D. Roedler, E. Schwarz, C. Tsavachidis, Schwangerschaften und Geburten nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. – Eine repräsentative Erhebung für die Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West)). In einer neuen Studie des BfS soll jetzt die Gesundheit der damals erfassten Kinder ermittelt werden. Zahlreiche weitere epidemiologische Studien kamen zu widersprüchlichen Ergebnissen zur Säuglingssterblichkeit, Häufigkeit von Fehlbildungen und Tumoren bei Kindern oder Erwachsenen in Deutschland nach dem Tschernobyl-Unfall. Viele der Studien mit positiven Befunden haben methodische Schwächen (u. a. zu kleine Fallzahlen und damit verbunden einer geringen Teststärke), so dass wissenschaftlich nicht ausgeschlossen werden kann, dass diese Einzelbeobachtungen zufällig bedingt sind. Es gibt bisher keine Nachweise, dass in Deutschland negative gesundheitliche Strahleneffekte durch den Tschernobyl-Unfall verursacht wurden. Bei den Risikoangaben für Deutschland handelt es sich daher um Abschätzungen, die im Wesentlichen auf den aus anderen Quellen (insbesondere Untersuchungen zu den Atombombenopfern von Hiroshima und Nagasaki) hergeleiteten Risikoeffizienten beruhen und hohe Unsicherheiten aufweisen.

Durch umfangreiche Messungen und unter Annahme von repräsentativen Aufenthaltsdauern in verschiedenen Umgebungen wurde die Dosis für Erwachsene im besonders vom Fallout betroffenen Münchner Raum zu 0,1 mSv im ersten Jahr nach dem Unfall und zu 0,7 mSv für die gesamte Lebenszeit abgeschätzt. Für Kleinkinder liegt die Dosisabschätzung im ersten Jahr bei 0,15 mSv, lebenslang werden 0,8 mSv erreicht. Als mittlere Werte der Strahlenexposition durch abgelagerte Radionuklide für Deutschland werden 0,03 bis 0,05 mSv für Erwachsene bzw. 0,04 bis 0,06 mSv für Kleinkinder im ersten Jahr und 0,2 bis 0,3 mSv als lebenslange Exposition als realistisch angesehen. Für Personen mit sehr hohen Aufenthaltszeiten im Freien können diese Werte um einen Faktor 3 höher liegen.

Im Januar 1987 wurden in Westteil Berlins 12 Fälle von Chromosomenschäden in Form einer Trisomie (Chromosom 21 nicht nur doppelt – wie normal –,

sondern dreimal vorhanden) bei Neugeborenen festgestellt, während sonst lediglich 2 bis 3 Fälle von Down-Syndrom als Folge der Chromosomenschädigung pro Monat auftraten. Die Häufung von Down-Syndrom wurde im Zusammenhang mit dem Tschernobyl-Unfall gesehen, weil sie genau neun Monate danach auftrat. Allerdings fand der Befund durch Studien in Schweden, Finnland, Ungarn und Norwegen keine Bestätigung, obwohl in diesen Ländern die zusätzliche Strahlenbelastung nach Tschernobyl höher als in Berlin gewesen war. Im April 1987 diskutierte die deutsche Strahlenschutzkommission die Daten aus Berlin. Dabei wurde Einvernehmen erzielt, dass die Erhöhung der Chromosomenschäden in Berlin nicht auf die Strahlung zurückgeführt werden könne. Die maximale Strahlenexposition durch den Tschernobyl-Unfall in Berlin war nämlich kleiner als die natürliche Strahlenexposition, die ständig in großen Landstrichen Deutschlands vorhanden ist und aus denen keine Häufung des Down-Syndroms bekannt ist.

Verschiedentlich wurde nach dem Unfall in Tschernobyl eine gesundheitliche Schädigung darin gesehen, dass sich der jährliche Trend der Abnahme der unerwünschter Schwangerschaftsverläufe oder der Säuglingssterblichkeit in Deutschland oder in bestimmten Gebieten, die besonders vom Fallout betroffen waren, verlangsamt hatte. Diese Ursachenvermutung konnte jedoch bisher nicht belegt werden.

Information der deutschen Bevölkerung über gesundheitliche Auswirkungen

Unmittelbar nach dem Reaktorunfall versuchte die Bundesregierung die Bevölkerung über die Folgen von Tschernobyl aufzuklären (u. a. Faltblatt „Fragen und Antworten zur Kernenergie“ Bundespresseamt,

Juni 1986). Ähnliche Informationen wurden von verschiedenen Bundesbehörden (Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, Faltblatt an alle Haushalte: „Nach Tschernobyl – Antworten auf 21 Fragen“, Juni 1986) und Forschungseinrichtungen (Telefonauskünfte, Presseerklärungen zu Strahlungsmessungen, Broschüren über Strahlenwirkungen etc.) herausgegeben. Viele Verlautbarungen waren in sich und bezogen auf die getroffenen Strahlenschutzmaßnahmen widersprüchlich und verstärkten eher die tief greifende Verunsicherung in der Bevölkerung, die sich seit 1970 zunehmend kritischer mit den Risiken der Energiegewinnung durch Kernkraftwerke auseinandergesetzt hatte (Anti-AKW-Bewegung). Die für den Strahlenschutz verantwortlichen Behörden des Bundes und der Länder wurden häufig nicht als neutral betrachtet, und ihren Informationen wurde nur wenig Vertrauen geschenkt.

Zwischen den Bedürfnissen der Bevölkerung nach vertrauenswürdiger Information über die Gesundheitsgefährdung und über mögliche Handlungsoptionen und den offiziellen Informationen sowie der Berichterstattung in den Medien entstand eine Informationslücke, die durch private Initiativen überbrückt wurde. Hier sind insbesondere Eltern-Initiativen zu nennen. Während die Medien vorwiegend über Widrigkeiten und Szenarien berichteten („Todesreaktor Tschernobyl“, „Höllenneuer“, „Massensterben nach Tschernobyl“, „Tschernobyl tötet Münchens Kinder“, „Tschernobyl wütet im Erbgut“ etc.), wurde in den Familien nach Ratschlägen für Ernährung und Verhaltensweisen gesucht, die eine Strahlenbelastung unter den gegebenen Umständen hätte minimieren können. Diese Suche nach Hilfestellung wurde unmittelbar nach dem Unfall weder durch die Behörden noch durch die Medien befriedigend unterstützt.

NOTFALLSCHUTZ - WELCHE KONSEQUENZEN IN DEUTSCHLAND GEZOGEN WURDEN

Ansprechpartner: Erich Wirth (0 18 88/3 33-67 10)

Alle Maßnahmen des Katastrophenschutzes liegen bei einem Unfall in einem Kernkraftwerk, wie in anderen Fällen auch, in der Kompetenz der Bundesländer. Unmittelbar zuständig sind die Landkreise und selbständigen Städte. Diese werden auf Anforderung durch das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK, www.bbk.bund.de) unterstützt. Spielt Radioaktivität bei einem Notfall eine Rolle, so erhalten die Länder ebenfalls auf Anforderung vom Bundesamt für Strahlenschutz Hilfestellung. Der Bund überwacht die Umweltradioaktivität, bewertet die Daten und kann z. B. Verbote und Beschränkungen beim Verzehr von Lebensmitteln und Nutzung von Futtermitteln aussprechen. In Abstimmung mit den Ländern kann der Bund der Bevölkerung bestimmte Verhaltenweisen empfehlen. Gesetzliche Grundlage dafür ist das Strahlenschutzvorsorgegesetz.

Das Strahlenschutzvorsorgegesetz

Das Fehlen gesetzlicher Vorgaben führte nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl dazu, dass teilweise unterschiedliche Grenzwerte und Maßnahmen im Bund und in den Bundesländern empfohlen wurden. Um die rechtliche Voraussetzung für ein bundesweit koordiniertes Handeln in vergleichbaren Situationen zu schaffen, wurde als Konsequenz bereits am 19. Dezember 1986 das „Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung“ (Strahlenschutzvorsorgegesetz StrVG) erlassen. Zweck dieses Gesetzes ist es, die routinemäßige Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt neu zu regeln und „die Strahlenexposition der Menschen

und die radioaktive Kontamination der Umwelt im Falle von Ereignissen mit möglichen nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen unter Beachtung des Standes der Wissenschaft und unter Berücksichtigung aller Umstände durch angemessene Maßnahmen so gering wie möglich zu halten“. Danach ist es Aufgabe des Bundesamtes für Strahlenschutz, gemeinsam mit Einrichtungen des Bundes und der Länder, die Kontamination der Umwelt nach einem Ereignisfall schnell zu ermitteln und die daraus resultierende Dosis abzuschätzen. Das Bundesumweltministerium hat die Aufgabe, die Lage zu bewerten, Maßnahmen einzuleiten und die Öffentlichkeit zu informieren.

Richtwerte

Um in einem Ereignisfall schnell und angemessen handeln zu können, ist es notwendig, vorab festzulegen, ab welcher zu erwartenden Strahlenbelastung des Menschen Maßnahmen ergriffen werden müssen. In der Zeit vor dem Reaktorunfall von Tschernobyl ging man noch von einem Ermessensspielraum aus. Der untere Eingreifrichtwert besagte, dass bei seiner Überschreitung Maßnahmen zur Reduzierung der Dosis in Betracht gezogen werden können, der obere Eingreifrichtwert, dass Maßnahmen zwingend einzuleiten sind. Dieses System wurde durch feste Dosisengreifrichtwerte für die Evakuierung, das Verweilen im Haus und die Einnahme von Jodtabletten abgelöst (Tab. unten).

Die EU hat Höchstwerte für die Radioaktivität in Nahrungs- und Futtermitteln vorbereitet mit dem Ziel, dass eine Strahlenbelastung des Menschen von 5 mSv pro Jahr nicht überschritten wird (Tab. Auf Seite 20).

Maßnahme	Organdosis (Schilddrüse)	Eingreifrichtwerte		
		Effektive Dose	Integrationszeiten und Expositionspfade	Alte Richtwerte
Aufenthalt in Gebäuden		10 mSv	Äußere Exposition in 7 Tagen und effektive Folgedosis durch in diesem Zeitraum inhalierte Radionuklide	5 - 50 mSv Effektive Dosis
Einnahme von Jodtabletten	50 mSv Kinder bis zu 18 Jahren sowie Schwangere, 250 mSv Personen von 18 bis 45 Jahren		Im Zeitraum von 7 Tagen inhaliertes Radiojod einschließlich der Folgeäquivalentdosis	200 - 1.000 mSv Schilddrüsendosis für Kinder und Erwachsene
Evakuierung		100 mSv	Äußere Exposition in 7 Tagen und effektive Folgedosis durch in diesem Zeitraum inhalierte Radionuklide	100 - 500 mSv Effektive Dosis

Eingreifrichtwerte für die Maßnahmen Aufenthalt in Gebäuden, Jodblockade und Evakuierung (Stand 2006)

	Säuglings- nahrung	Milch- erzeugnisse	Andere Nahrungsmittel	Flüssige Nahrungsmittel
Strontiumisotope, insbesondere Sr-90	75	125	750	125
Jodisotope, insbesondere I-131	150	500	2.000	500
Alphastrahler	1	20	80	20
Übrigen Nuklide mit Halbwertszeiten > 10d, z. B. Cs-134, Cs-137	400	1.000	1.250	1.000

Höchstwerte der radioaktiven Kontamination von Nahrungsmitteln in Bq/kg nach EU

Die EU plant, im Falle einer erneuten massiven Aktivitätsfreisetzung durch einen Reaktorunfall o. ä. diese Werte durch Rechtsverordnung festzuschreiben. Vergleichbare Werte wurden von der Welternährungs- und der Weltgesundheitsorganisation für den internationalen Nahrungsmittelverkehr abgeleitet.

Als Folge von Tschernobyl wurden für Cs-134/137 Eingreifrichtwerte für Milch, Milchprodukte und Säuglingsnahrung von 370 Bq/kg, für andere Nahrungsmittel von 600 Bq/kg (s. Beitrag „Umweltfolgen“) sowie für Nahrungsmittel mit geringen Verzehrswerten wie Pfeffer oder Petersilie von 6.000 Bq/kg eingeführt, die heute noch gültig sind. Um für einen nicht auszuschließenden, weiteren Störfall vorbereitet zu sein, wurden die Eingreifrichtwerte überarbeitet, wobei nicht einzelne Radionuklide, sondern die in der Tabelle oben aufgeführten Radionuklidgruppen berücksichtigt wurden. Diese Werte sollen in einem Ereignisfall nicht automatisch, sondern erst nach einer Prüfung durch eine Kommission in Kraft gesetzt werden, wobei entsprechend der Lage Änderungen nach oben und unten möglich sind.

Maßnahmenkatalog

In einem Ereignisfall muss insbesondere in der Frühphase schnell über Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenbelastung des Menschen entschieden werden. Bei den Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich ist das Ziel, noch vor dem Durchzug einer radioaktiven Wolke eine radioaktive Kontamination von Nahrungs- und Futtermitteln durch frühzeitige Ernte, Abdecken von Kulturen oder Aufställen von Nutztieren zu vermeiden. Später müssen Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenbelastung (z. B. durch Lagerung oder technologische Aufarbeitung) in Betracht gezogen werden. Die Maßnahmen Evakuierung, Verweilen im Haus und Jodblockade müssen in der Praxis noch durch begleitende Empfehlungen wie Sperren von Gebieten, Straßen oder Tragen von Mundschutz, Wechseln von Kleidern etc. konkretisiert werden.

Um ein schnelles Handeln zu ermöglichen, wurden unter Beteiligung des BfS alle zu erwägenden Maßnahmen in einem Katalog zusammengestellt und ihre Effizienz sowie die Vorteile und Nachteile einer

jeden Maßnahme wie z. B. Durchführbarkeit, Akzeptanz in der Bevölkerung, Kosten etc. analysiert. Gegliedert ist der Maßnahmenkatalog in 3 Bände mit den Schwerpunkten Maßnahmenübersicht, theoretische Grundlagen und Beseitigung großer Mengen kontaminierter Abfälle.

Jodtabletten

Im Rahmen der Überarbeitung der Grenzwerte wurden aufgrund neuerer Erkenntnisse zur Strahlenwirkung die Eingreifrichtwerte für die Maßnahme Jodblockade auf 250 mSv (Schilddrüsendosis) für die Bevölkerungsgruppe 18 – 45 Jahre und auf 50 mSv (Schilddrüsendosis) für Kinder und Jugendliche bis 18 Jahre und Schwangere reduziert. Dies hat zur Konsequenz, dass eine Verteilung von Jodtabletten statt wie bisher bis 25 km zukünftig bis zu 100 km um ein Kernkraftwerk zu betrachten ist. Um diesen erhöhten Bedarf abzudecken, wurden insgesamt 137 Millionen Jodtabletten im Jahr 2004 neu beschafft. Die Tabletten für den besonderen Planungsbereich bis 25 km um eine kerntechnische Anlage wurden den zuständigen Bundesländern übergeben, die diese entsprechend den jeweiligen landeseigenen Planungen an die Haushalte vorverteilen oder dezentral einlagern.

Das BfS koordiniert im Ereignisfall für Bund und Länder die Verteilung der Kaliumjodid-Tabletten außerhalb des 25-km-Radius. Dazu wurde ein Konzept zur bundesweit einheitlichen Organisation und Durchführung der Verteilung erarbeitet. In einem Ereignisfall müssen die Jodtabletten innerhalb von 12 Stunden und unabhängig von Tageszeit und Witterung ausgeliefert werden können. Um dies zu erreichen, wurden 8 zentrale Lager eingerichtet (Abb. auf Seite 21).

Das Routine- und Intensivmessprogramm

Zur besseren und schnelleren Beurteilung der radiologischen Lage in einem Ereignisfall wurden die Maßnahmen zur Überwachung der Umwelt mit dem Ziel erweitert und ertüchtigt, eine lückenlose und flächendeckende Radioaktivitätsüberwachung sowohl im Routinefall als auch im Falle einer Aktivitätsfreisetzung zu gewährleisten. Das Strahlenschutzvorsorgegesetz regelt die Messaufgaben der

einzelnen Institutionen in Bund und Ländern. Danach sind Einrichtungen des Bundes für folgende flächendeckende, automatische Messungen verantwortlich:

Bundesamt für Strahlenschutz:	Ortsdosisleistung an über 2000 Messstationen
Deutscher Wetterdienst:	Radionuklidkonzentration in der Luft und im Niederschlag an 40 Messstationen
Bundesamt für Gewässerkunde:	Radionuklidkonzentration in den Bundeswasserstraßen
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie:	Radionuklidkonzentration in der Nord- und Ostsee.

Die Messungen im landwirtschaftlichen und bewohnten Bereich werden von den Ländern im Auftrag des BMU durchgeführt. Diese umfassen im Wesentlichen die Bereiche:

- Lebensmittel,
- Futtermittel,
- Boden,
- Trink- und Grundwasser,
- Abfälle, Abwasser und Klärschlamm.

An den Messungen sind etwa 60 Einrichtungen des Bundes und der Länder beteiligt. Zur Erfassung der radiologischen Lage wurde unter Federführung des BfS ein Routine- und ein Intensivmessprogramm erarbeitet, das bestimmt, welche Medien wo, von wem und in welcher Frequenz zu beproben bzw. zu messen sind (siehe dazu den Abschnitt IMIS).

Diese Übersicht stellt eine Reihe wesentlicher Konsequenzen vor, die nach Tschernobyl initiiert und durchgeführt wurden. Um auf ein ähnliches Ereignis angemessen reagieren zu können, müssen die Messungen und Berechnungen koordiniert, der Austausch der Daten und der interne Informationsfluss gesteuert und die einzelnen Systemkomponenten möglichst gut aufeinander abgestimmt werden. Gemäß Strahlenschutzvorsorgegesetz wurde diese Koordinierungsaufgabe dem neugegründeten BfS übertragen, das als Konsequenz das „Integrierte Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität“ (IMIS) aufbaute, an dem neben den 60 Messeinrichtungen noch etwa 20 weitere Institutionen aus Bund und Ländern beteiligt sind.

IMIS - DAS INTEGRIERTE MESS- UND INFORMATIONSSYSTEM ZUR ÜBERWACHUNG DER UMWELTRADIOAKTIVITÄT

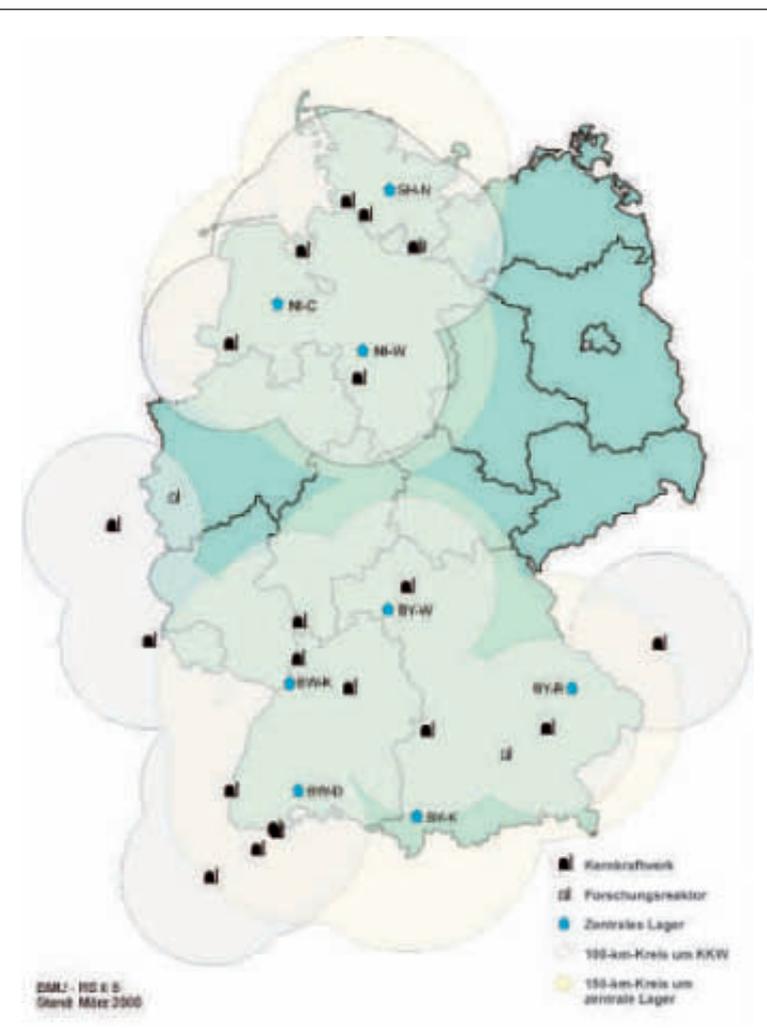
Aufgaben des IMIS

Im Routinebetrieb ist es Aufgabe des IMIS, die Umwelt kontinuierlich zu überwachen, um bereits geringfügige Änderungen der Umweltradioaktivität flächendeckend schnell und zuverlässig erkennen sowie langfristige Trends erfassen zu können.

IMIS ist aber vor allem ein Instrument des Notfallschutzes. Um Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz des Menschen und der Umwelt in einem Ereignisfall treffen zu können, hat IMIS die Aufgabe, die entsprechenden Grundlagen zu schaffen. Dies bedeutet im Einzelnen:

- Die radioaktive Kontamination der Umwelt in einem Ereignisfall ist schnell zu erfassen.
- Die daraus resultierende Strahlenexposition des Menschen ist zuverlässig abzuschätzen.
- Alle Beteiligten sind schnell, übersichtlich und zeitgleich über die Lage zu informieren.

Entscheidungen über Maßnahmen erfolgen in einem ersten Schritt durch den direkten Vergleich der berechneten Strahlendosen mit den entsprechenden Eingreifwerten für Evakuierung, Verbleiben im Haus



Zentrale Lager für Kaliumjodidtabletten in Deutschland



Mitarbeiter des BfS beim Auswechseln einer der über 2.000 Messsonden des IMIS

und Jodblockade (Tab. auf Seite 19) bzw. der gemessenen Werte in Nahrungs- und Futtermitteln mit den abgeleiteten Eingreifrichtwerten der EU (Tab. auf Seite 20).

Konsequenterweise muss IMIS zur Entscheidungsfindung drei Informationen möglichst aktuell und zuverlässig bereitstellen:

- Welche Gebiete sind betroffen?
- Wie hoch sind die Kontaminationen und welche Radionuklide spielen eine Rolle?
- Wie hoch ist die aktuelle und die zu erwartende Strahlenbelastung der Menschen in den betroffenen Gebieten?

Drei Ebenen sind zu beachten:

- **Messungen** zur Erfassung der Umweltkontamination.
- **Prognosen, Dokumentation und Information:** Alle Ergebnisse werden der Zentralstelle des Bundes (ZdB) im BfS übermittelt, wo die Daten geprüft, aufbereitet und in Form von Grafiken, Karten und Tabellen dargestellt werden. In der ZdB werden auf dieser Basis diagnostische und prognostische Rechnungen zur Abschätzung der Strahlenbelastung des Menschen durchgeführt.

- **Entscheidungen:** Ergebnisse und Dokumente werden dem BMU sowie verschiedenen Landesbehörden und Ministerien zur Entscheidungsfindung bereitgestellt.

Das BfS trägt die Verantwortung für die beiden erstgenannten Ebenen. Das BMU ist verantwortlich für Entscheidungen über die Empfehlung von Maßnahmen.

Wie arbeitet IMIS?

Die Arbeitsweise des IMIS wird am Beispiel einer fiktiven Freisetzung von Radionukliden im Oberrheingraben dargestellt. Bei einem Unfall müssen drei zeitliche Phasen unterschieden werden: vor, während und nach Durchzug einer radioaktiven Wolke.

Phase (1): Vor einer Freisetzung

In der Phase vor einer Radionuklidfreisetzung bzw. vor dem Durchzug einer radioaktiven Wolke sind ggf. folgende Maßnahmen vorzubereiten bzw. einzuleiten:

- Evakuierung,
- Verweilen im Haus,
- Jodblockade,
- Maßnahmen zur Vermeidung von Kontaminationen landwirtschaftlicher Produkte.

Für prognostische Abschätzungen der zu erwartenden Kontamination der Umwelt und der Strahlenbelastung des Menschen stehen lediglich meteorologische Messdaten zur Verfügung. Die tatsächliche Höhe der Radioaktivitätsfreisetzung (Quellterm) ist nicht bekannt, deshalb verwendet man vorerst einen Standardquellterm. Allerdings werden derzeit Modelle entwickelt und getestet, die Ereignisabläufe innerhalb einer kerntechnischen Anlage simulieren, um den Quellterm abzuschätzen. Die Ergebnisse solcher Simulationen sollen mittelfristig auch für IMIS zur Verfügung stehen.

Erste Informationen für Entscheidungsträger sind einfache Ausbreitungsrechnungen (Trajektorienrechnungen) des Deutschen Wetterdienstes (DWD), die einen Überblick über die potenziell gefährdeten Gebiete geben. Für weitergehende Berechnungen stehen zwei speziell entwickelte Entscheidungshilfemodelle, RODOS (Real-Time-On-Line-Decision-Supporting-System) und PARK (Programm zur Abschätzung radiologischer Konsequenzen), zur Verfügung.

Diese Modelle bilden das Verhalten radioaktiver Stoffe in der Umwelt und die Expositionspfade ab. Unter der Annahme eines Quellterms kann mit beiden Modellen jederzeit

- die äußere Belastung des Menschen durch Strahlung aus der radioaktiven Wolke und der am Boden abgelagerten Aktivität sowie

- die interne Strahlenbelastung, die aus der Aufnahme von Radionukliden durch die Atemluft (Inhalation) und mit der Nahrung (Ingestion) resultiert,

berechnet werden.

Dabei rechnet RODOS bis zu 80 km um einen Unfallort, während PARK bundesweit flächendeckend die mittleren Aktivitäten und Dosen für jeden Landkreis berechnet (siehe Abb. unten).

Phase (2): Während des Durchzugs einer radioaktiven Wolke

Während des Durchzugs einer radioaktiven Wolke gelten die bei Phase 1 genannten Maßnahmen. Um Wirkung entfalten zu können, müssen sie umgehend durchgeführt werden.

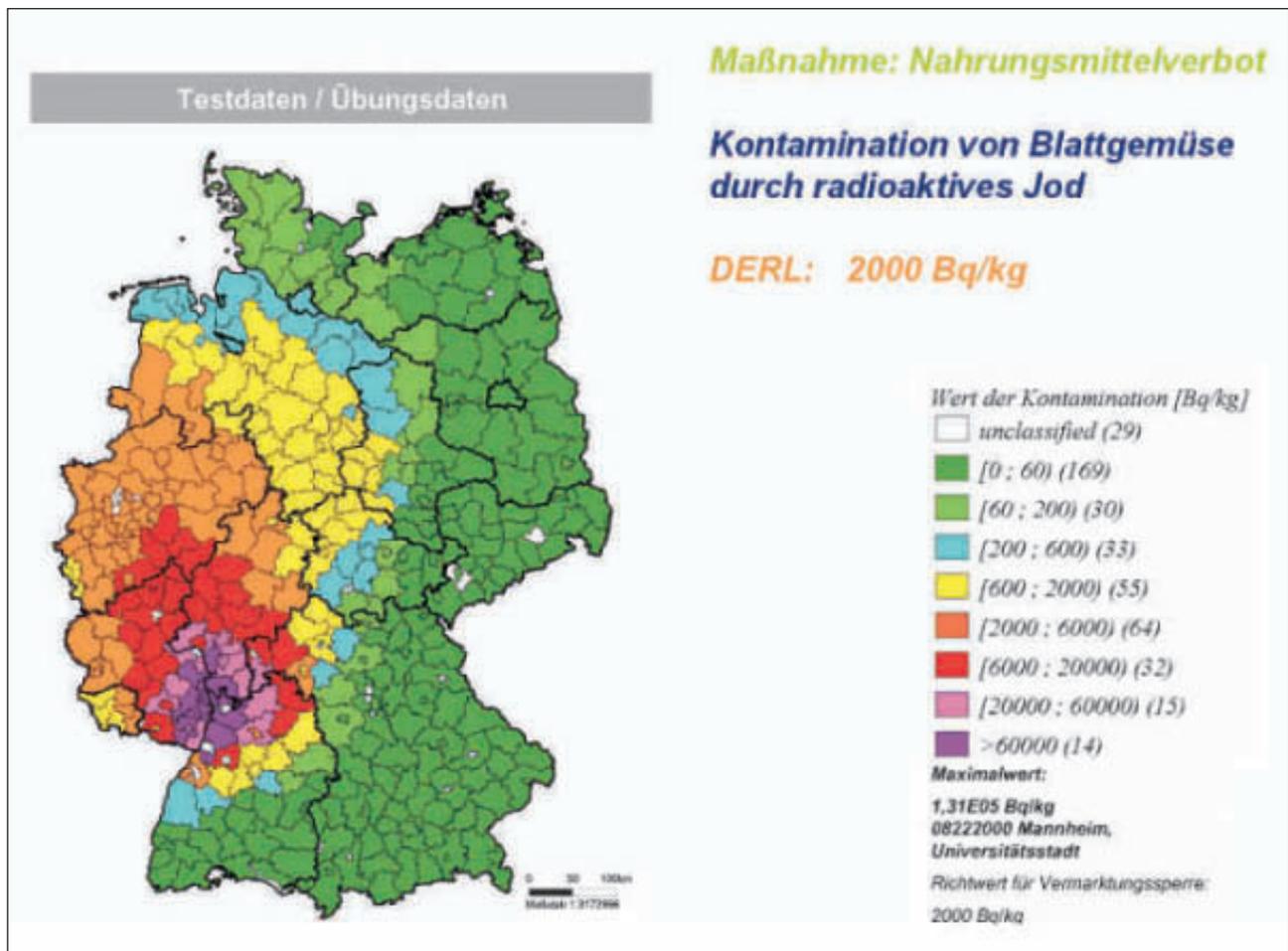
Eine Strahlenbelastung des Menschen erfolgt in dieser Phase über die Belastungspfade Direktstrahlung und Inhalation (über die Atmung). Die Aufnahme von Radionukliden mit der Nahrung (Ingestion) spielt praktisch keine Rolle, da dieser Pfad durch ein vorbeugendes Vermarktungsverbot frischer Produkte unterbunden werden kann.

Entsprechend der zu betrachtenden Belastungspfade werden als relevante Größen Direktstrahlung und die Radionuklidkonzentration in der Luft automatisch flächendeckend gemessen. Dazu stehen die Messnetze des BfS zur Ermittlung der äußeren Strahlenbelastung (Ortsdosisleistung) und des DWD zur nuklid-spezifischen Bestimmung der Radionuklidkonzentration in der Luft zur Verfügung.

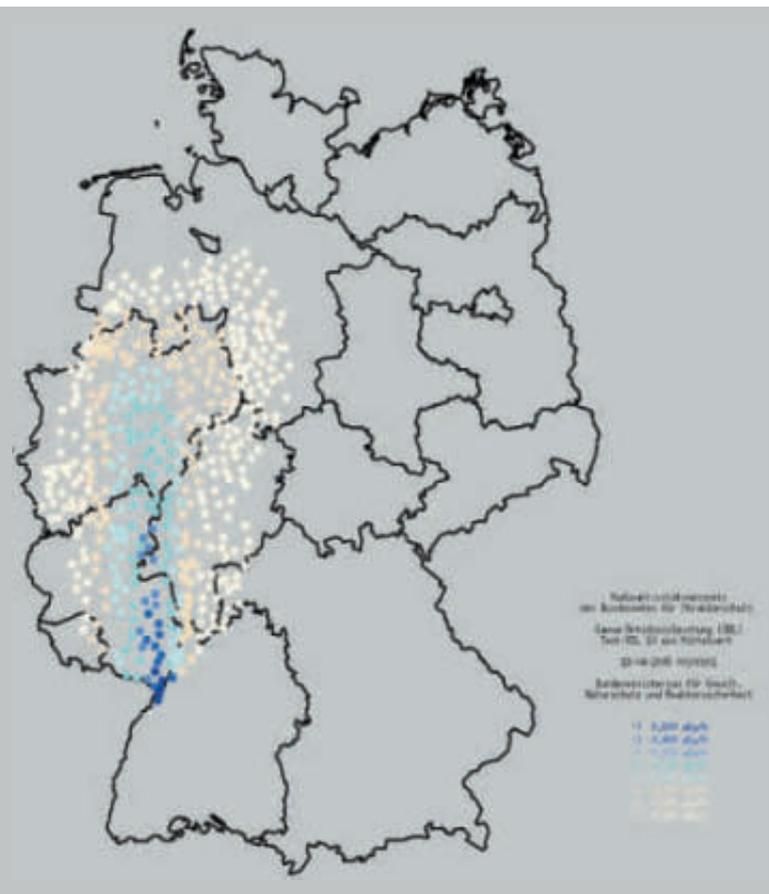
Bei einem Unfall werden die Messergebnisse der Ortsdosisleistung (ODL) an allen etwa 2000 Standorten im 10-Minuten-Rhythmus abgerufen. Dadurch kann die Ausbreitung einer radioaktiven Wolke quasi online verfolgt und die betroffenen Gebiete können sehr schnell eingegrenzt werden (Abb. auf Seite 24 oben). Parallel dazu liefern die 40 Stationen des Luftmessnetzes des DWD die nuklidspezifische Luftaktivität im 2-Stunden-Takt. Beide Messungen sind die Grundlage für die diagnostischen Abschätzungen der äußeren Strahlenbelastung und der Inhalationsdosis. Sie können auch zur Verbesserung der RODOS- und PARK-Prognosen herangezogen werden.

Phase (3): Nach Durchzug einer radioaktiven Wolke

In dieser Phase ist die Radionuklidaktivität in der Luft nur noch gering. Die Ablagerung (Deposition)



Beispiel einer maßnahmenrelevanten Darstellung der Kontamination von Blattgemüse mit Radiojod durch PARK (DERL = eng. „Derived Emergency Reference Level“, Abgeleiteter Eingreifrichtwert für eine Vermarktungssperre)



über die Lage ermöglichen. Die Farben dunkelgrün bis gelb bedeuten, dass diese Werte unterhalb des jeweils zu betrachtenden Eingreifrichtwertes liegen. In den orangefarbenen bis violetten Gebieten liegen die Werte der Kontaminationen oberhalb des Grenzwertes. Je intensiver die Farben sind (dunkelgrün und dunkelviolett), desto weiter ist die Kontamination nach unten bzw. nach oben vom Grenzwert entfernt.

Kommunikation

Durch IMIS werden ca. 70 Institutionen (Landesministerien, Landesbehörden, Messstellen etc.) bzw. 200 einzelne Nutzer miteinander vernetzt. Für ein schnelles, angemessenes Handeln ist es notwendig, die erzeugten Dokumente schnell und zeitgleich allen Teilnehmern zur Verfügung zu stellen. Dazu wurde die „Elektronische Lagedarstellung“ (ELAN) entwickelt. In dieses System werden alle für die Beurteilung einer Lage relevanten Informationen und Ergebnisse eingestellt, so dass sie gleichzeitig von allen IMIS-Nutzern abgerufen werden können (Abb. unten). Damit ist gewährleistet, dass alle am Management einer Unfallsituation beteiligten Stellen sehr schnell über dieselben Informationen verfügen. Dies ist Voraussetzung für ein abgestimmtes Handeln.

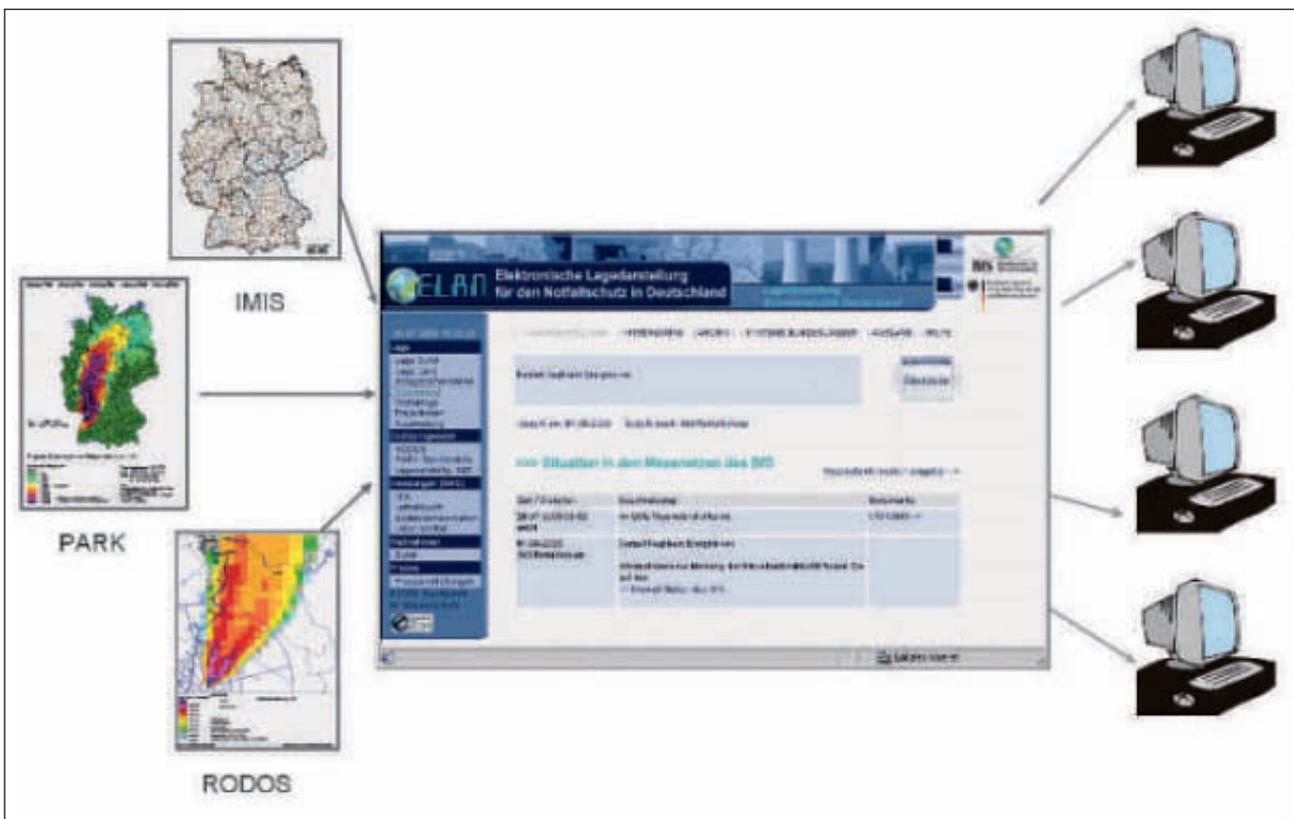
Weiterentwicklung des IMIS

Ursprünglich war IMIS für großräumige Kontaminationen der Umwelt, wie sie nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl in Deutschland auftraten, konzipiert. Mit der Einrichtung der Zentrale zum Betrieb

des Entscheidungshilfesystems RODOS können jetzt auch standortnah die Kontamination der Umwelt und die Strahlenbelastung des Menschen in einem hohen Detaillierungsgrad abgeschätzt werden. Die Integration von RODOS erforderte auch eine bessere Vernetzung der Notfallschutzsysteme von Bund und Ländern vor allem durch einen besseren und umfangreicheren Daten- und Informationsaustausch. Die Informationsbereitstellung wurde durch die Entwicklung der elektronischen Lagedarstellung (ELAN) wesentlich verbessert. Alle wesentlichen Informationen werden in strukturierter Form auf den ELAN-Server gelegt und können von dort von allen beteiligten Stellen jederzeit abgerufen werden.

International erfolgt ein Informations- und Datenaustausch mit der Schweiz, Frankreich und den Niederlanden über IMIS. In Abstimmung mit der EU wird eine von vier Datenzentralen zur Erfassung der europäischen Umweltmessdaten in IMIS integriert. Aufgebaut wurde bereits ein zentraler Server zur Erfassung der Umweltmessdaten der Ostseeanrainerstaaten im BfS. Damit entwickelt sich IMIS zunehmend auch zu einer europäischen Datendrehscheibe.

Das BfS hat mit dem Gesamtsystem IMIS eine wesentliche Voraussetzung für eine funktionierende Umweltüberwachung und einen effektiven Notfallschutz geschaffen. Das Gesamtsystem IMIS wird kontinuierlich neuen Anforderungen und Entwicklungen angepasst.



Funktionsweise der Elektronischen Lagedarstellung (ELAN)

DER REAKTORUNFALL IN TSCHERNOBYL UND SEINE FOLGEN FÜR DEUTSCHE KERNKRAFTWERKE

Ansprechpartner: Rudolf Görtz (0 18 88/3 33-15 40)

Übertragbarkeit des Unfalls auf deutsche Anlagen

Die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl hatte auch in Deutschland die Frage nach Konsequenzen für die betriebenen Kernkraftwerke aufgeworfen. Der damalige Bundesforschungsminister Heinz Riesenhuber hatte in ersten Stellungnahmen gesagt, dass die deutschen Reaktoren „absolut sicher“ seien. Der damals für die Reaktorsicherheit zuständige Bundesminister des Innern (BMI) beauftragte am 29.04.1986, unmittelbar nach dem Bekanntwerden der Ereignisse, die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK), eine Analyse und Bewertung des Unfalls im Hinblick auf deutsche Kernkraftwerke vorzunehmen.

Die RSK stellte im November 1986 zur Übertragbarkeit des Unfalls auf deutsche Anlagen fest, „dass eine prompt kritische Leistungsexkursion, wie sie sich in Tschernobyl ereignet hatte, aufgrund der inhärenten Eigenschaften und der technischen Ausrüstung in einem Leichtwasserreaktor deutscher Bauart ausgeschlossen sei und dass das Sicherheitskonzept von Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland durch den Unfall in Tschernobyl nicht in Frage gestellt sei.“

Als organisatorische Konsequenz wurde in Deutschland regierungsseitig eine stärkere Bündelung von Kompetenzen für erforderlich gehalten, die durch die Schaffung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) realisiert wurde.

Sicherheitsüberprüfung durch die RSK und Sicherheitsverbesserungen in den deutschen Kernkraftwerken

Obwohl das Unfallgeschehen von Tschernobyl nicht auf deutsche Anlagen übertragbar war, wurde die RSK auch gebeten, über die Analyse und Bewertung des Unfalls hinaus eine Sicherheitsüberprüfung aller in der Bundesrepublik Deutschland in Betrieb und in Bau befindlichen Kernkraftwerke durchzuführen. Diese o. g. Sicherheitsüberprüfung durch die RSK umfasste eine Prüfung im Sinne der ständigen Weiterentwicklung der Sicherheitstechnik von Kernkraftwerken unter Berücksichtigung von Betriebserfahrungen sowie neuer Ergebnisse von Forschungsvorhaben und Risikostudien, z. B. der Deutschen Risikostudie Phase B. Dabei wurde auch untersucht, ob sich aufgrund von Betriebserfahrungen und Erkenntnissen aus besonderen Vorkommnissen – auch aus dem Ausland – Hinweise auf die Notwendigkeit und Möglichkeit von sicherheitstechnischen Verbesserungen der Kern-

kraftwerke ergeben. Die RSK hatte bei ihrer Sicherheitsüberprüfung insbesondere auch die nach damaliger Praxis zu unterstellenden Störfälle betrachtet (Auslegungstörfälle) und die Einhaltung der Schutzziele (Erhaltung der Unterkritikalität, Gewährleistung der Kernkühlbarkeit, Sicherstellung des Aktivitätseinschlusses) überprüft.

Die Ergebnisse der Sicherheitsüberprüfung wurden von der RSK Ende 1988 in einem Abschlussbericht zusammengestellt. Die RSK kam dabei zu einem positiven Gesamturteil zum Sicherheitskonzept der deutschen Kernkraftwerke und stellte in ihrer abschließenden Bewertung fest, dass sich keine Mängel ergeben hatten, die **Sofortmaßnahmen** erforderlich machten. Es wurde zusätzlich untersucht,

- ob Verbesserungsmöglichkeiten bestehen,
- ob und ggf. welche Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes sinnvoll sind und
- wie Anforderungen an zukünftige periodische Sicherheitsüberprüfungen aussehen könnten.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen haben in der Zeit nach dem Unfall von Tschernobyl entscheidend zur Einführung von Maßnahmen zur Sicherheitsverbesserung in deutschen Kernkraftwerken beigetragen und werden in den drei folgenden Unterabschnitten zusammenfassend dargestellt.

Umsetzung von Verbesserungsmöglichkeiten

Die sicherheitstechnische Ausrüstung in den Kernkraftwerken ist aufgrund der zum Zeitpunkt ihrer Genehmigung geltenden Anforderungen grundsätzlich unterschiedlich. Deshalb wären die Anlagen bei einer Neugenehmigung zum heutigen Zeitpunkt ohne Änderungen nicht genehmigungsfähig. Allerdings wurden und werden sie – und werden es auch weiterhin – durch gezielte Nachrüstmaßnahmen im Laufe ihrer Betriebszeit an den aktuellen Stand sicherheitstechnischer Überlegungen herangeführt. So wurden bereits vor der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl zahlreiche Nachbesserungen wie der Austausch von Frischdampf- und Speisewasserleitungen in Siedewasserreaktoren vorgenommen. Als weiteres Beispiel sei die Nachrüstung von Notstandssystemen in älteren Anlagen genannt. Sie wurden nach der Einführung von Anforderungen zu Schutzmaßnahmen gegen bestimmte Einwirkungen von Außen – insbesondere gegen zufallsbedingten Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwellen – und gegen Störmaßnahmen Dritter im Regelwerk bei neueren Anlagen direkt in der Auslegung berücksichtigt und in älteren bestehenden Anlagen nachgerüstet. Not-



In zahlreichen deutschen Kernkraftwerken wurden nach Tschernobyl Nachrüstungen und Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes realisiert. Dies wurde jedoch nicht durchgehend umgesetzt. So hat zum Beispiel das KKW Biblis immer noch keine unabhängige und gebunkerte Notstandswarte (Foto: Martin Storz/graffiti/Greenpeace).

standssysteme sind von der vorhandenen Sicherheitstechnik räumlich und systemtechnisch getrennt und können im Falle der o.g. Einwirkungen Sicherheitsfunktionen wie Reaktorabschaltung, Speisewasserversorgung und die Nachwärmeabfuhr übernehmen. Für die Doppelblockanlage Biblis mit den Blöcken A und B wurden für die Gewährleistung dieser Sicherheitsfunktionen im Notstandsfall im Gegensatz zu den anderen Anlagen keine separaten blockspezifischen Notstandssysteme nachgerüstet, sondern lediglich die bereits vorhandene systemtechnische Unterstützung der beiden Blöcke untereinander verbessert.

Im Zuge der von den zuständigen Bundesministerien nach dem Unfall von Tschernobyl veranlassten Sicherheitsüberprüfung der Kernkraftwerke durch die RSK wurde auch untersucht, ob sich aufgrund der Auswertung der für die jeweilige Anlage relevanten Betriebserfahrungen und der Weiterentwicklung der Sicherheitstechnik weitere Hinweise auf Verbesserungsmöglichkeiten ergeben. Als Ergebnis dieser Untersuchungen wurde im Abschlussbericht der RSK eine Reihe von Verbesserungsmaßnahmen identifiziert, die Ende der 1980er und zu Beginn der 1990er Jahre in den Anlagen umgesetzt wurden. Beispiele sind die Verbesserungen im Bereich der Störfallinstrumentierung, der räumlichen Trennung der redundanten Stränge des Notstromsystems („Entmaschung“) sowie der Störfallfestigkeit der elektrischen Einrichtungen des Sicherheitssystems und der Störfallinstrumentierung. Über die technische Bewertung der Kernkraftwerke hinaus wurden auch anlagenübergreifende Themen untersucht und in diesem Zusammenhang z. B. die konsequente Weiterentwicklung

anlagenspezifischer Kraftwerkssimulatoren zur Ausbildung des Betriebspersonals empfohlen.

Die Beispiele stellen nur einen kleinen Teil der Verbesserungen dar, die nach dem Beginn der Sicherheitsüberprüfung der Kernkraftwerke durch die RSK angestoßen wurden. Diese Maßnahmen sind nicht ausschließlich eine direkte Folge des Unfalls von Tschernobyl, da die Prüfung, Empfehlung und Umsetzung dieser Verbesserungsmaßnahmen parallel zu den stetig laufenden Weiterentwicklungen im technischen und regulatorischen Bereich erfolgt ist.

Anlageninterner Notfallschutz

Eines der wichtigsten Ergebnisse der Sicherheitsüberprüfung der RSK war die Empfehlung zur Einführung des anlageninternen Notfallschutzes in den Kernkraftwerken in Deutschland.

Diese Empfehlung basiert auch wesentlich auf den Ergebnissen von Sicherheits- und Risikostudien wie z. B. der Deutschen Risikostudie Phase B, die 1981 – bereits einige Jahre vor dem Unfall in Tschernobyl – vom Bundesminister für Forschung und Technologie in Auftrag gegeben und erst danach vollständig abgeschlossen wurde. Die RSK stellte in ihrem Abschlussbericht zur Sicherheitsüberprüfung 1988 fest: „Die Empfehlung anlageninterner Notfallmaßnahmen bedeutet nicht, dass die in den Anlagen realisierte Sicherheitstechnik unzureichend ist. Solche Maßnahmen erhöhen vielmehr zusätzlich die Flexibilität der Anlage bei der Beherrschung von Ereignissen weit über das zu betrachtende Spektrum der Auslegungstörfälle hinaus“.

Die Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes sind daher als zusätzliche Maßnahmen zu dem damals bestehenden – und von der RSK positiv bewerteten – Sicherheitskonzept zu sehen. Sie wurden eingeführt, um „auslegungsüberschreitende“ Zustände – wie der Super-GAU von Tschernobyl einer war – frühzeitig und sicher zu erkennen, zu kontrollieren und mit möglichst geringen Schäden zu beenden. Bei den Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes wird zwischen schadensvorbeugenden (präventiven) Maßnahmen und schadensmindernden (mitigativen) Maßnahmen unterschieden. Die schadensvorbeugenden Maßnahmen dienen der Verhinderung schwerer Kernschäden. Das Hauptziel ist dabei die Erhaltung oder Wiederherstellung der Kernkühlung und die Überführung der Anlage in einen sicheren Zustand. Beispiel dafür ist das Maßnahmenkonzept aus sekundärseitiger und primärseitiger Druckentlastung und Einspeisung. Dies bedeutet vereinfacht gesprochen, dass zunächst durch Öffnen von Ventilen ein Druckabbau im Bereich des Primär- und Sekundärkreislaufes bewirkt wird. Sobald der Druck in den Kühlkreisläufen hinreichend abgesenkt ist, kann dann mit Pumpen verlorenes Kühlmittel ergänzt werden.

Erst bei einem unterstellten Versagen der präventiven Maßnahmen und einem Auftreten von Kernschäden kommen schadensmindernde Maßnahmen zur Begrenzung bzw. Milderung schwerer radiologischer Auswirkungen in der Anlage und der Umgebung zum Zuge. Hauptziel ist hier die Erhaltung der Integrität der noch vorhandenen aktivitätseinschließenden Barrieren – z. B. des Reaktorsicherheitsbehälters, der im Falle eines Unfalls die aus beschädigten Brennelementen freigesetzten gasförmigen radioaktiven Stoffe zurückhalten soll – und die Absicherung eines langfristig kontrollierten Zustandes zum Schutz der Umgebung. Ein Beispiel dafür ist die gefilterte Druckentlastung des Reaktorsicherheitsbehälters, die in der Öffentlichkeit auch als „Wallmann-Ventil“¹ bekannt geworden ist. Dabei werden – um ein mögliches Versagen des Sicherheitsbehälters durch zu hohen Druck zu verhindern – die Gase über ein Ventil an die Umgebung abgegeben, wobei die radioaktiven Stoffe durch ein Filtersystem weitgehend zurückgehalten werden.

Der anlageninterne Notfallschutz ist heute fester Bestandteil des Sicherheitskonzeptes deutscher Kernkraftwerke. Regelwerke oder gesetzliche Vorgaben zur Definition von Anforderungen an den anlageninternen Notfallschutz wurden bisher in Deutschland nicht erstellt, jedoch sind alle in den deutschen Kernkraftwerken realisierten Maßnahmen seit 1986 – zu-

sätzlich zu den atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren – im Auftrage des BMU von der RSK begleitet und in Form von Stellungnahmen und Empfehlungen bewertet worden. Die Implementierung der Maßnahmen erfolgte im Wesentlichen im Laufe der 1990er Jahre und ist mittlerweile mit wenigen Ausnahmen – wie z. B. bei der Wasserstoffbegrenzung und bei Systemen zur Probenahme bei Unfällen im Reaktorsicherheitsbehälter bei einzelnen Anlagen – in allen in Betrieb befindlichen deutschen Anlagen abgeschlossen.

Periodische Sicherheitsüberprüfungen

In dem Abschlussbericht der RSK von 1988 wurde erstmals auch ein Vorschlag für Anforderungen an künftige periodische Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ) der Kernkraftwerke in Ergänzung zu der ständigen behördlichen Aufsicht erarbeitet. Die Betreiber hatten sich seinerzeit freiwillig verpflichtet, die PSÜ durchzuführen. Sie wurde ab April 2002 als gesetzliche Vorgabe gemäß § 19a Atomgesetz als Sicherheitsüberprüfung (SÜ) verbindlich festgeschrieben. Das BfS hat die Leitfäden zur PSÜ und zur SÜ sowie die zugehörigen Leitfäden und Fachbände zu den probabilistischen Sicherheitsanalysen (PSA) maßgeblich mitgestaltet.

Übereinkommen über nukleare Sicherheit

Die Bundesregierung hat nach dem Unfall von Tschernobyl die internationale Zusammenarbeit bei der Gewährleistung der Sicherheit in Kernkraftwerken vorangetrieben. So trug ihre Initiative wesentlich dazu bei, dass ein Übereinkommen über nukleare Sicherheit (Convention on Nuclear Safety) erarbeitet und 1994 verabschiedet wurde. Die Beitrittsstaaten zu dieser Konvention verpflichten sich zu einer Einhaltung grundlegender Anforderungen für die Reaktorsicherheit und unterwerfen sich regelmäßigen Überprüfungsprozessen. Die nukleare Sicherheitskonvention stellt damit ebenfalls ein mittelbar aus dem Unfall von Tschernobyl hervorgegangenes Element zur Sicherheitsverbesserung in deutschen und ausländischen Kernkraftwerken dar.

Beendigung der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung

In einigen Ländern hat der Reaktorunfall von Tschernobyl den Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung bewirkt. In Deutschland wurde dafür nach der Vereinbarung zwischen Bundesregierung und Energieversorgungsunternehmen vom 14.06.2000 im Jahr 2002 mit einer Novelle des Atomgesetzes die rechtliche Grundlage geschaffen.

Die Politik des Atomausstiegs bewirkt, dass die von den deutschen Kernkraftwerken ausgehenden nuklearen Unfallrisiken in einem gesetzlich festgelegten Rahmen nicht nur verringert, sondern beendet werden.

¹ Dr. Walter Wallmann, erster Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

MASSNAHMEN DER BUNDESREGIERUNG ZUR VERBESSERUNG DER SICHERHEIT VON KERNKRAFTWERKEN SOWJETISCHER BAUART

Ansprechpartner: Andreas Lau (0 18 88/3 33-15 32)

Nach dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl im Jahre 1986 überprüften alle Staaten, in denen Kernenergie genutzt wird, ob aus diesem Unfall Schlussfolgerungen für die Verbesserung ihrer Kernkraftwerke gezogen werden könnten bzw. müssten. Darüber hinaus wurde die internationale Zusammenarbeit verstärkt mit dem Ziel, vergleichbare Unfälle zu verhindern. Das schloss auch eine verstärkte Zusammenarbeit mit der damaligen Sowjetunion ein. Diese Zusammenarbeit wurde durch eine beginnende Öffnung der Sowjetunion gegenüber den westlichen Staaten und durch die späteren Demokratisierungsprozesse in den Nachfolgestaaten der Sowjetunion sowie in weiteren Ländern Mittel- und Osteuropas begünstigt.

Durch diesen Öffnungsprozess wurden nun auch für westliche Spezialisten detaillierte Informationen zur sowjetischen Kernkraftwerkstechnik zugänglich. Das Hauptaugenmerk bei der verstärkten internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Kernenergie wurde nun auf den Sicherheitsstatus der Kernkraftwerke sowjetischer Bauart gerichtet. Aufgrund der Tatsache, dass sich Anlagen sowjetischer Bauart an den Standorten in Greifswald und Rheinsberg in Betrieb und in Stendal im Bau befanden und umfangreiche Kenntnisse der ostdeutschen Experten zur sowjetischen Reaktortechnik vorhanden waren, bestand für die Bundesrepublik Deutschland die einzigartige Voraussetzung, eine Vorreiterrolle in diesem Prozess zu übernehmen.

Bereits bei den ersten Untersuchungen wurden Unterschiede zur westlichen Technik und zu westlichen Methoden der Sicherheitsgewährleistung sichtbar. In internationalen und bilateralen Projekten wurde eine ganze Reihe von Schwachstellen oder Sicherheitsdefiziten nach westlichen Maßstäben ermittelt und kategorisiert. Gleichzeitig wurde klar, dass man die östliche Seite, die in einem politischen und wirtschaftlichen Umwälzungsprozess stand, bei ihren Bemühungen zur Verbesserung der Sicherheit ihrer kerntechnischen Anlagen unterstützen musste. Von Anfang an wurden die östlichen Experten in die Untersuchungen eingebunden. Hierdurch erfolgte gleichzeitig ein Wissens-, Erfahrungs- und Informationstransfer insbesondere zu den dortigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden und ihren Expertenorganisationen, die sich in einer Neuformierungsphase befanden.

Im Auftrag der Bundesregierung wurde frühzeitig ein Gesamtkonzept zur Unterstützung der Staaten

Mittel- und Osteuropas und der Gemeinschaft Unabhängiger Staaten beim Aufbau von Demokratie und sozialer Marktwirtschaft erarbeitet. Dieses Konzept wurde kontinuierlich weiterentwickelt. Es beinhaltet

- die Beteiligung der Bundesregierung an multilateralen Aktionsprogrammen im Rahmen der westlichen Staatengemeinschaft,
- ein Kooperationsprogramm der deutschen Energiewirtschaft mit Partnerschaften zwischen Kernkraftwerken im Rahmen der World Association of Nuclear Operators (WANO),
- bilaterale Programme des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sowie weiterer Bundesministerien, gestützt auf entsprechende Verträge.

Dem BMU wurde zu Beginn der 1990er Jahre die Schwerpunktaufgabe übertragen, zur Verbesserung der Sicherheit der kerntechnischen Anlagen, insbesondere der Kernkraftwerke in den Ländern Mittel- und Osteuropas sowie der GUS beizutragen. Die Unterstützung durch das BMU ist dabei vor allem gerichtet auf

- die Stärkung der Aufsichts- und Genehmigungsbehörden und deren wissenschaftlich-technischen Institutionen und auf die Verbesserung der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtspraxis,
- die Ermittlung des Sicherheitsstatus und die Verbesserung der Sicherheit der Kernkraftwerke,
- die Vermittlung von westlichen Vorgehensweisen und Erfahrungen in Form von Seminaren, Workshops oder Qualifizierungsaufenthalten für Experten und verantwortliche Personen sowie auf den Methodentransfer und auf
- die Gewährleistung der Sicherung kerntechnischer Anlagen.

Einen Schwerpunkt der Unterstützungsmaßnahmen bildete die Aus- und Weiterbildung des Personals von Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden und ihrer Sachverständigenorganisationen, aber auch des Personals aus den Kernkraftwerken.

Da eine gründliche und zielgerichtete Ausbildung des Betriebspersonals wesentlich zur Betriebssicherheit beiträgt, konzentrierte sich ein Teil der Maßnahmen auf die Einführung von Ausbildungssystemen sowohl für leitendes als auch für sonstiges Betriebspersonal kerntechnischer Anlagen nach westlichem Vorbild. Hierzu wurden für das KKW-Personal der Ukraine ein Ausbildungskonzept entwickelt, Seminare zur deutschen Sicherheitsphilosophie durchgeführt sowie



Osteuropäisches Personal aus Kraftwerken und Genehmigungsbehörden wurde im Rahmen der Unterstützungsmaßnahmen an deutschen KKW-Simulatoren weitergebildet (Foto: EWN)

Schulungsbegleitunterlagen und Betriebsprozeduren erarbeitet.

Aufgrund zunächst fehlender oder unzureichender Trainingsmöglichkeiten für das Schichtpersonal in Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren sowjetischer Bauart wurden bereits Anfang 1992 die ersten Simulatorkurse für die KKW Rowno (Ukraine) und Kola (Russische Föderation) in Greifswald durchgeführt. Ab dem Jahr 1994 wurde das KKW Nowoworonesch (Russische Föderation) einbezogen. Durch den in Greifswald vorhandenen Simulator konnte auf dem Gebiet der Personalausbildung ein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung der Betriebssicherheit geleistet werden (siehe Abb. oben).

Zur Aus- und Weiterbildung der Aufsichts- und Genehmigungsbehörden sowie ihrer Sachverständigenorganisationen wurden und werden Seminare, Workshops, Arbeitstreffen und Hospitationen auf dem Gebiet der Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen und des Strahlenschutzes durchgeführt.

Die Programme der Veranstaltungen werden stets an den aktuellen Erfordernissen und entsprechend neu-

ester Erkenntnisse ausgerichtet. So wurden im Jahr 2005 u. a. Veranstaltungen zu folgenden Themen durchgeführt:

- Physischer Schutz von Kernmaterial und kerntechnischen Anlagen auf der Basis eines Bedrohungsmodells bei Berücksichtigung des gesteigerten internationalen Terrorismus.
- Aufbau und Verwendung numerischer Modelle zur Bewertung der Auswirkungen von Altlasten des Uranbergbaus auf den Menschen und zur Optimierung von Sanierungsstrategien.
- Genehmigung und Aufsicht bei der Vorbereitung und Durchführung der Stilllegung kerntechnischer Anlagen.

Die Durchführung von Seminaren und Workshops als internationale Veranstaltungen hat sich bewährt. Die Durchführung dieser Veranstaltungen dient der Realisierung des Ziels der Bundesregierung, darauf hinzuwirken, dass die Risiken aus dem Betrieb der Kernkraftwerke und anderen kerntechnischen Anlagen im Ausland verringert werden, solange in souveräner Entscheidung der betreffenden Staaten Kernenergie großtechnisch genutzt wird.

INTERNATIONALE MASSNAHMEN ZUR UNTERSTÜTZUNG DER UKRAINE BEI DER STILLLEGUNG DES KKW TSCHERNOBYL

Ansprechpartner: Jürgen Wolf¹ (0 18 88/3 05-28 84)

Die Zerstörung des Blockes 4 des ukrainischen KKW Tschernobyl am 26.04.1986 war der größte und folgenschwerste Unfall bei der zivilen Nutzung der Kernenergie. Die weit reichenden und langwierigen ökologischen, gesundheitlichen und wirtschaftlichen Folgen dieses Unfalls stellten die damalige Sowjetunion und später die Ukraine vor große Probleme. Insbesondere nach dem politischen Zerfall des Ostblocks und dem Bekanntwerden der sicherheitstechnischen Schwächen vor allem der RBMK-Reaktoren („Tschernobyl-Typ“) drängten die westlichen Staaten auf die Stilllegung dieser Reaktoren.

Auf dem G-7-Gipfel 1994 in Neapel wurde der Ukraine ein Aktionsplan zur Unterstützung für den Fall der Stilllegung des KKW Tschernobyl angeboten. Diese Initiative führte am 20.12.1995 zur Unterzeichnung des **Memorandum of Understanding** on the Closure of Chernobyl Nuclear Power Plant zwischen den G-7-Staaten, der Europäischen Kommission und der Ukraine mit der Zusage von Präsident Kutschma, das KKW Tschernobyl bis zum Jahr 2000 zu schließen.

Die politische Vereinbarung enthielt ein Zusammenarbeitsprogramm mit finanziellen Zusagen bzw. mit der In-Aussicht-Stellung von Krediten und Zuschüssen bei der Umstrukturierung der Energiewirtschaft und der Verbesserung der Sicherheit von KKW.

Zur Umsetzung der Maßnahmen zur nuklearen Sicherheit wurde im November 1996 die NSA-Zusammenvereinbarung (NSA: **Nuclear Safety Account**) zwischen der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBWE) und der Ukraine in Höhe von 118,1 Mio. EUR zur Vorbereitung der endgültigen Stilllegung des KKW Tschernobyl unterzeichnet (kurzfristige Sicherheitsverbesserungen am Block 3, Anlagen zur Behandlung flüssiger radioaktiver Abfälle und Zwischenlager für verbrauchte RBMK-Brennelemente u. a.). Die Mittel werden von der EBWE verwaltet. Die Bank unterliegt der Kontrolle der Geberversammlung.

Weitere Mittel für Maßnahmen zur Bewältigung der Unfallfolgen wurden über das Tacis-Programm (Technical Assistance to the Commonwealth of Independent States) der EU, Projekte der UN-Organ-

sation IAEA (International Atomic Energy Agency) und die bilaterale Unterstützung verschiedener Staaten bereitgestellt.

In Umsetzung des Memorandum of Understanding erfolgte 1997 eine weitere Finanzierungszusage der G-7 für die Ukraine beim Gipfel in Denver mit der Bereitstellung von zunächst 300 Mio. US\$ für die Sanierung des Sarkophags. Andere Staaten wurden aufgefordert, sich an der Finanzierung zu beteiligen. Die zur Verfügung gestellten Mittel der Länder (Geber) werden in dem dafür geschaffenen **„Chernobyl Shelter Fund“** (CSF) bei der EBWE verwaltet.

Grundlage für den CSF war die einvernehmliche Erarbeitung von kurz- und längerfristigen Maßnahmen zur Sanierung des Sarkophags. Das Maßnahmen-Dokument wurde **„Shelter Implementation Plan (SIP)“** genannt. Ziel des SIP ist es, einen ökologisch sicheren Einschluss für den zerstörten Block 4 des KKW Tschernobyl mit vertretbaren Kosten zu erreichen.

Die Projektdurchführung erfolgt in mehreren Phasen. Nach dem Abschluss von Sofortmaßnahmen erfolgen noch bis 2006 Stabilisierungsmaßnahmen am alten Umschließungsbauwerk (Sarkophag), das kurz nach dem Unfall in großer Eile um den zerstörten Block 4 errichtet worden war und erhebliche Defizite aufweist. Abschließende Hauptmaßnahme des SIP ist die Errichtung eines neuen Umschließungsbauwerks: **New Safe Confinement – NSC**.

Die Beseitigung der radioaktiven Stoffe aus dem alten Sarkophag, der dann vollständig vom NSC einge-



Blick auf den alten Sarkophag im Jahr 2005

¹ Dr. Jürgen Wolf ist ehemaliger Mitarbeiter des BfS und jetzt Referent im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

geschlossen ist, und dessen Rückbau sind nicht Bestandteil des SIP. Diese Arbeiten sind später in Eigenregie der Ukraine durchzuführen.

Die Kosten für die Umsetzung des SIP waren im Jahre 1997 zunächst mit 768 Mio. US\$ prognostiziert und im Jahre 2004 auf ca. 1,1 Mrd. US\$ korrigiert worden. Davon betragen die Kosten für das NSC ca. 0,5 Mrd. US\$.

Das Vorhaben sollte ursprünglich eine Laufzeit von 9 Jahren haben. Deutschland ist mit rd. 60 Mio. Euro direkt und über den Beitrag der EU, der größten Geberin, indirekt beteiligt.

Die grundsätzliche Konstruktion (conceptual design) des NSC stellt eine riesige Bogenhalle ohne Stützpfiler dar, die den gesamten Block 4 als ein überdachtes Stahlbogenskelett überspannt (Spannweite ca. 250 m, Höhe ca. 100 m). Das NSC soll abseits vom Block 4 errichtet und danach über den alten Sarkophag geschoben werden. Für das NSC wurde eine Standzeit von 100 Jahren vorgegeben. Es ist davon auszugehen, dass die Fertigstellung des NSC erst nach 2008 erfolgt. Mit weiter steigenden Kosten ist zu rechnen.

Der bereits erwähnte NSA, aus dem in den Anfangsjahren nicht nur Projekte für die Ukraine finanziert wurden, dient gegenwärtig u. a. der Finanzierung einer Aufbereitungsanlage für flüssige radioaktive Abfälle (Liquid Radwaste Treatment Plant – LRTP, die bereits zu 95 % fertiggestellt ist) und eines Langzeit-Zwischenlagers (mit Konditionierungsanlage) für abgebrannte Brennelemente (Intermediate Spent Fuel Storage Facility – ISF-2) am Standort des KKW Tschernobyl. Der direkte deutsche Gesamtbeitrag für den NSA beträgt ca. 44 Mio. Euro.

Das ISF-2 ist erforderlich, um die Stilllegung der Blöcke 1-3 des KKW sowie die Arbeiten zum NSC des zerstörten Blockes 4 zu ermöglichen. Der Hauptteil der ca. 22.000 Brennelemente befindet sich gegenwärtig in einem Nasslager (ISF-1), dessen Betriebsgenehmigung jedoch in 10 Jahren ausläuft. Etwa 3.500 Brennelemente befinden sich noch innerhalb der abgeschalteten KKW-Blöcke (insbesondere im Block 3). Diese Brennelemente müssen vor der Fertigstellung des NSC aus dem benachbarten Block 3 ausgeladen worden sein.

Auslegung und Bau des ISF-2 war 1999 an ein Konsortium unter Leitung von Framatome (jetzt AREVA) vergeben worden. Die Fertigstellung des ISF-2 war ursprünglich für 2004 vorgesehen. Seit Frühjahr 2003 ist der Weiterbau des ISF-2 wegen erkannter Mängel in der Auslegung unterbrochen. Die Mängel stehen

im Zusammenhang mit der ursprünglichen Nichtberücksichtigung von mechanisch beschädigten (verformten) Brennelementen und von Brennelementen mit undichten (folglich eventuell wasserhaltigen) Brennstäben. Das bisherige Konzept der Zwischenlagerung der Brennelemente in gasdichten Schutzrohren bzw. Pennalen (1. Barriere gegen den Austritt radioaktiver Stoffe), die in Behältern (2. Barriere) angeordnet werden, die wiederum in Betonblöcke eingelagert werden, kann aufgrund der zum Teil verbogenen Brennelemente (für diese ist der Durchmesser der Pennale zu klein) oder der möglichen Korrosions- und Druckaufbauprozesse (Wasser in den Brennstäben) in den Pennalen nicht angewendet werden. Die Schuld für die entstandene Situation lässt sich keiner Seite eindeutig zuordnen. Die EBWE sucht gemeinsam mit den beteiligten Seiten angestrengt nach Lösungsmöglichkeiten.

Die internationalen Unterstützungsmaßnahmen haben die Situation am Standort Tschernobyl bereits erheblich verbessert. Gleichzeitig zeigen vor allem die beiden Hauptprojekte zum NSC und zum ISF-2, dass solche komplexen internationalen Vorhaben mit z. T. erheblichen Problemen behaftet sind. Diese Probleme sind sowohl technischer, organisatorischer aber auch finanzieller Art. Andererseits gab es aufgrund der Einzigartigkeit und Größe der Projekte auch kaum eine andere Alternative, da die Ukraine Mitte der neunziger Jahre nicht in der Lage war, die Probleme am Standort Tschernobyl selbst zu lösen. Mit der Unterstützung der westlichen Geberländer besteht die reale Aussicht, dass bis zum Ende des Jahrzehnts der Standort Tschernobyl in einen sicheren Zustand überführt werden kann. Dann können Entscheidungen ohne Eile getroffen werden, wie mit den eingeschlossenen radioaktiven Stoffen und dem alten Sarkophag weiter verfahren werden soll. Die Arbeiten zur Umsetzung einer entsprechenden Konzeption werden weitere Jahrzehnte in Anspruch nehmen.



Behälterlager des ISF-2 im Bau

ERFAHRUNGEN UND ERINNERUNGEN AUS OST UND WEST

AUS DEM INSTITUT FÜR STRAHLENHYGIENE DES BUNDESGESUNDHEITSAMTES (BRD)

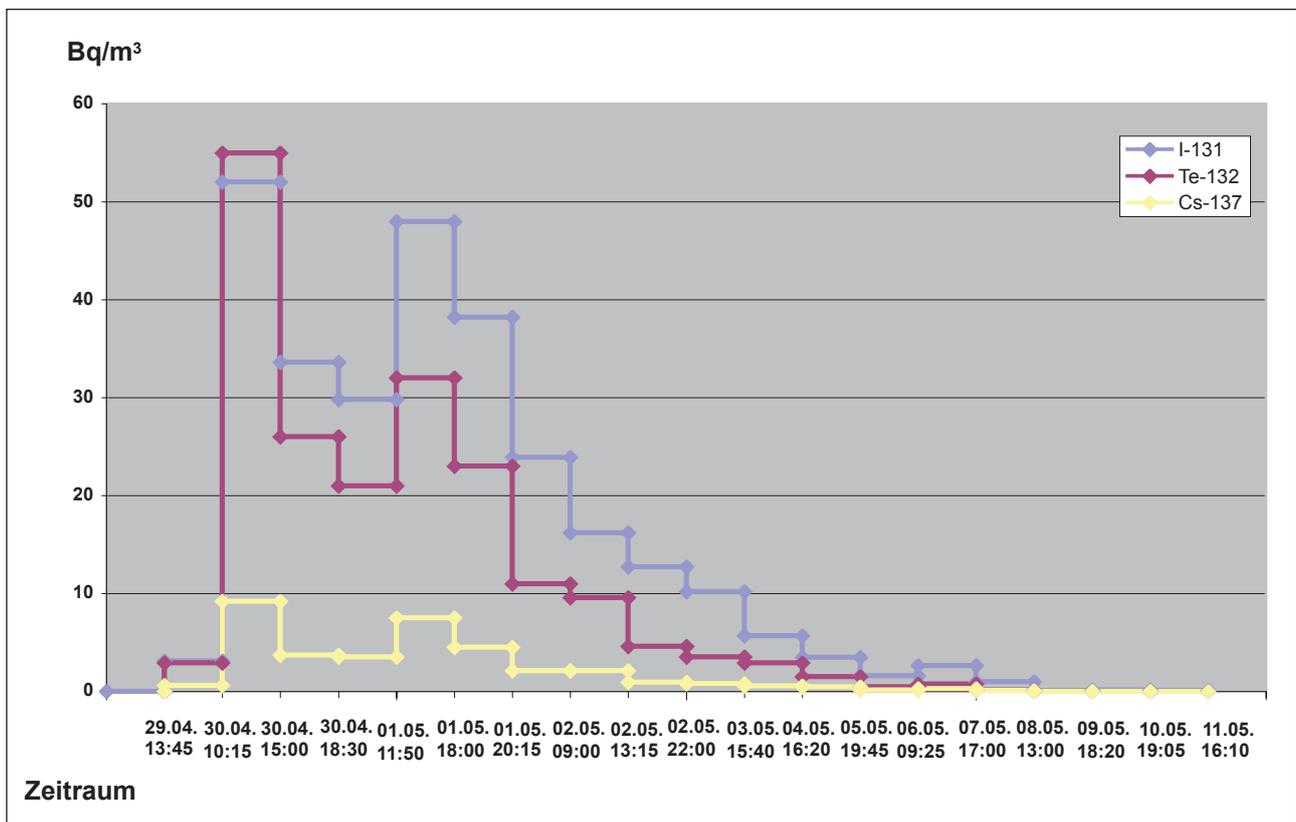
Ansprechpartner: Erich Wirth (0 18 88/3 33-67 10)

Nach den ersten eingehenden Informationen war die Ankunft der radioaktiven Luftmassen aus Tschernobyl für Samstag, den 3. Mai 1986, in München angekündigt. Die Mitarbeiter des Instituts für Strahlenhygiene (ISH), die sich mit der Messung der Umweltradioaktivität befassten, hatten sich auf dieses Ereignis vorbereitet. Es wurde eine Sammelstelle für radioaktive Aerosole aufgebaut, Geräte zur Messung der äußeren Strahlenbelastung wurden bereitgehalten und 5-l-Kanister für Milchproben gekauft. Überraschenderweise stieg dann bereits am Nachmittag des 30. Aprils die Ortsdosisleistung im Münchner Raum deutlich an. Die Wolke kam über Norditalien, Österreich und die Schweiz nach Süddeutschland und driftete weiter nach Norden. Umgehend wurde mit den vorbereiteten Probeentnahmen und Messungen begonnen. Der Anstieg der Radioaktivität übertraf deutlich die Erwartungen und löste bei den Beteiligten eine rege Geschäftigkeit und gespannte Neugierde aus. Die Erregung über dieses Ereignis war so groß, dass es keiner Aufforderung an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bedurfte, am nächsten Tag, dem

1. Mai, anwesend zu sein. Fast alle waren unaufgefordert am Arbeitsplatz erschienen und gespannt, wie sich die Messergebnisse weiterentwickeln würden.

Die äußere Strahlenbelastung (Ortsdosisleistung, ODL) stieg an diesem Tag auf ca. $1\mu\text{Sv/h}$ an, mehr als das 10fache des Normalpegels ($0,08\mu\text{Sv/h}$). Die γ -spektrometrischen Messungen der Luftfilterproben gaben einen ersten Hinweis darauf, dass vor allem die kurzlebigen Radionuklide Tellur 132/Jod 132 für den Anstieg der äußeren Strahlenbelastung verantwortlich waren. Hinsichtlich der Belastung der Nahrungsmittel waren in den ersten Wochen Jod 131 und, nach dessen Abklingen, Cs-134/137 relevant. Die Radionuklidaktivität in der Luft erreichte ihr Maximum am 1. Mai, ging dann etwas zurück, um am 3. Mai nochmals fast den Maximalwert zu erreichen. Danach fiel der Aktivitätspegel in der Luft sehr schnell ab. (Abb. unten)

Aufgrund des sehr späten Frühlingsbeginns im Jahr 1986 hatte die Wachstumsperiode in Oberbayern gerade erst begonnen. Deshalb mussten von Nahrungsmitteln zunächst nur Milch und Spinat beprobt werden. Die Messungen zeigten, dass Jod 131 das dosisrelevante Radionuklid in dieser Anfangsphase war. Im Spinat wurden bis $20\,000\text{ Bq/kg}$ I-131 und in der Milch lokal über 500 Bq/l I-131 gemessen. Das da-



Zeitlicher Verlauf der Konzentration von Jod 131, Tellur 132 und Cäsium 137 in der Luft in Neuherberg bei München nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl

mals verantwortliche Bundesministerium des Innern wurde vom ISH permanent über die Entwicklung der Lage informiert. Es alarmierte die Strahlenschutzkommission (SSK), deren Mitglieder sich erstmals am 2. Mai trafen, um die Lage zu erörtern. Die Beratungen waren nicht einfach, da die Umweltradioaktivität nicht systematisch gemessen wurde. Verfügbare Informationen gab es nur bruchstückhaft, da lediglich die Ergebnisse einiger punktueller Messungen in Deutschland vorlagen. Hinzu kam, dass Informationen aus dem Ausland kaum vorhanden waren. Die UdSSR hatte zunächst gar nicht und dann auch nur unzureichend über die Unfallsituation informiert. Ebenso waren auch keine Informationen über die Kontamination der Umwelt aus den anderen östlichen Staaten verfügbar. Westliche Länder wie Frankreich nahmen die aufgetretenen Kontaminationen nicht offiziell zur Kenntnis. Weiter kam erschwerend hinzu, dass Politiker sich schon früh ohne ausreichende Kenntnis der Lage äußerten und beschwichtigende Prognosen wagten, die sich sehr schnell als nicht haltbar herausstellten. Auch die EU hat, nach einer anfänglichen Einfuhrbeschränkung für frische Nahrungsmittel aus Drittländern, erst am 31. Mai 1986 Cs-137-Grenzwerte für die Einfuhr von Lebensmitteln erlassen, die im Übrigen heute noch gültig sind.

Die Messergebnisse, insbesondere aus dem südbayerischen Raum, machten dem Ministerium und den Mitgliedern der SSK aber deutlich, dass Aussagen zur radiologischen Situation und Beschränkungen der Radioaktivität in Lebensmitteln notwendig wurden. Die Ergebnisse der SSK-Beratungen am 2. Mai lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Es waren keine akuten gesundheitlichen Schäden zu befürchten. Aus Gründen der Vorsorge sollten vermeidbare Strahlenexpositionen durch geeignete und praktikable Maßnahmen vermieden werden.
- Die Einfuhr frischer Nahrungsmittel aus Drittländern sollte nur gestattet werden, wenn keine messbaren radioaktiven Verunreinigungen (Kontaminationen) vorlagen.
- Wegen der Anreicherung radioaktiven Jods in der Schilddrüse wurde empfohlen, die Fütterung der Milchkühe mit Frischfutter einzustellen. Für Milch wurde ein Grenzwert von 500 Bq/l I-131 eingeführt. Milch, die eine höhere Aktivität aufwies, sollte zu lagerfähigen Milchprodukten verarbeitet werden.
- Stillen bedingte keine Gefährdung durch die kontaminierte Muttermilch für den Säugling.
- Frischgemüse sollte vor dem Verzehr gewaschen werden.
- Vor unkontrollierter Einnahme von Jodtabletten wurde gewarnt.

Zwei dieser Empfehlungen erwiesen sich später als problematisch. Nach einem langen Winter klagten die Bauern in Bayern, dass die Futtermittelvorräte erschöpft seien und sie die Tiere deshalb auf die Weide schicken mussten. Bei der Verarbeitung von Milch zu lagerfähigen Produkten entstanden 2 Güterzüge voll kontaminierter Molke, die Jahre später aufwändig dekontaminiert wurden.

Am 4. Mai trat die SSK erneut zusammen, um zu beraten. Es lagen jetzt auch Messergebnisse aus dem Westen und Norden Deutschlands vor, die darauf hinwiesen, dass diese Gebiete deutlich geringer belastet waren als die Gegend südlich der Donau. Die SSK hat auf dieser Sitzung folgende Empfehlungen ausgesprochen:

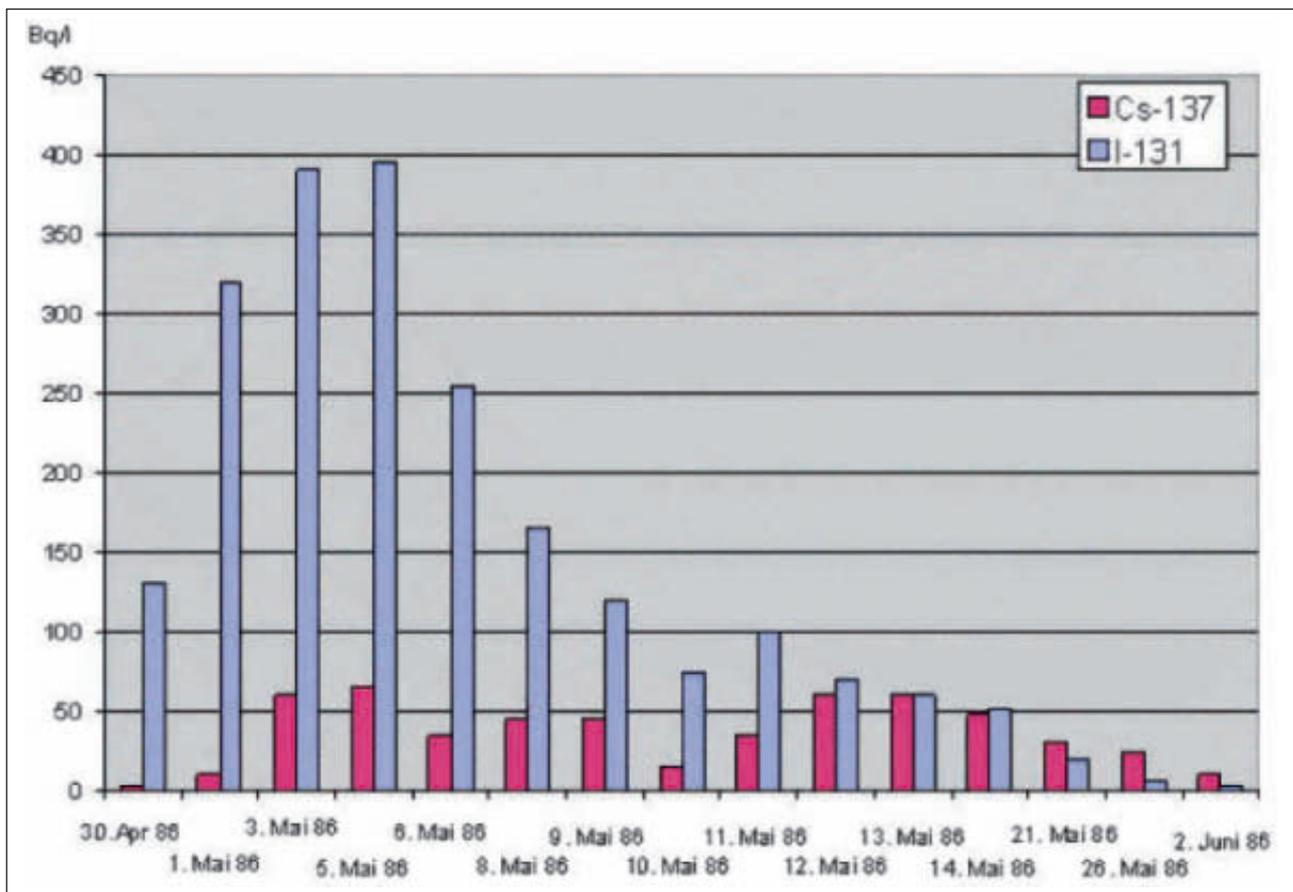
- Für Blattgemüse wurde ein Grenzwert von 250 Bq/kg I-131 empfohlen.
- Die Weiterverarbeitung zu lagerfähigen Produkten wurde als unbedenklich eingestuft, wenn die Aktivität des Cs-137 unter 100 Bq/kg lag.
- Bei Wurzel- und unterirdischem Sprossgemüse bestanden keine gesundheitlichen Bedenken gegen einen Verzehr.

Bei der Ableitung der Grenzwerte für I-131 ging die SSK davon aus, dass die Schilddrüsendosis des Kleinkindes einen Wert von 30 mSv durch die Folgen dieses Unfalls nicht überschreiten sollte.

Die Empfehlungen wurden am 7. Mai erneut überprüft und erläutert. Auf dieser Sitzung wurde der Eingreifrichtwert für Cs-137 in Nahrungsmitteln aufgehoben, da man mittlerweile davon ausging, dass die Strahlenbelastung durch Ingestion „kleiner als die Strahlenbelastung durch die natürliche K-40-Aktivität“ sei, was sich nachträglich bestätigte.

Nach und nach wurden immer mehr Messergebnisse und Informationen zusammengetragen, die eine bessere Übersicht über die Lage erlaubten. Analysen zeigten, dass Strontium 90 und Plutonium nur in sehr geringen Aktivitäten nach Deutschland transportiert worden waren und nicht nennenswert zur Dosis beitrugen. Es wurde deutlich, dass nur die beiden Cäsiumisotope Cs-134/137 längerfristig dosisrelevant waren. Das Probenspektrum wurde immer breiter. Neben Milch und Blattgemüse wurden nun auch Fleisch und Fisch in die Probeentnahme einbezogen. Aufgrund der relativ kurzen Halbwertszeit und einer „Verdünnung“ der Aktivität in Gras durch Wachstum musste Mitte Mai auch in Südbayern nicht mehr befürchtet werden, dass die I-131-Konzentrationen in Milch den Eingreifrichtwert von 500 Bq/l übersteigen könnten. (s. Tabelle auf Seite 20)

Trotzdem mussten die Messaktivitäten im ISH noch verstärkt werden, weil zusätzliche Aufgaben auf die



Verlauf der I-131- und Cs-137-Konzentration in Milch nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl. Die Herde war mit Ausnahme des 1. Mai permanent auf einer Weide im Münchner Norden.

Messstellen zukamen. Bei der Ausfuhr von Milch und Milchprodukten in verschiedene Länder wie beispielsweise nach Italien wurde ein Zertifikat über die Höhe der I-131-Milchkontamination benötigt. Bald stapelte sich eine fast unübersehbare Menge verschiedenster Molkereiprüfungen im ISH, die für den Export bestimmt waren und ein Zertifikat benötigten. Mit Beginn der Erntesaison kamen Privatleute, die die Kontamination ihrer Produkte analysiert haben wollten. Messungen wurden nur dann durchgeführt, wenn das Produkt für die Lagebeschreibung interessant war, ansonsten wurde auf bereits vorliegende Messergebnisse verwiesen.

Die Wissenschaftler des ISH wurden auch immer mehr in der Öffentlichkeitsarbeit gefordert. Zeitungen, Rundfunk und Fernsehen wollten Erläuterungen zur radiologischen Situation erhalten. Beispielsweise wurde für die Süddeutsche Zeitung anhand eines Wochenspeiseplans die wöchentliche Zufuhr von Cs-137 mit der Nahrung erörtert.

Ende Mai begannen allmählich grenzüberschreitende Betrachtungen der radiologischen Situation in Europa. Die EU legte am 31. Mai 1986 Grenzwerte für die spezifische Radiocäsiumaktivität in Nahrungsmitteln fest: 370 Bq/kg für Milch, Milchprodukte und Säuglingsnahrung, 600 Bq/kg für sonstige Nahrungs-

mittel. Das ISH und das niederländische Reichsinstitut für Volksgesundheit analysierten Mitte Juni gemeinsam die europaweite Kontamination der Umwelt. Zu diesem Treffen waren auch Vertreter internationaler Behörden und anderer EU-Länder geladen. Die Niederländer zeigten erstmals eine Simulation der Ausbreitung der radioaktiven Schadstoffe über Europa. Im Dezember 1986 leitete die Welternährungsorganisation FAO (unter maßgeblicher Beratung durch das ISH) Grenzwerte für Nahrungsmittel für den internationalen Handel ab. Die Weltgesundheitsorganisation WHO übernahm später diese Werte. Die EU leitete 1987 eigene entsprechende Werte ab, die zunächst etwa 6 – 8-mal höher als die FAO-Werte waren. Nachträglich wurden diese Werte auf dem FAO-Niveau einander angepasst.

Die Messungen der Umweltradioaktivität gingen während des gesamten Sommers unvermindert weiter. Immer wieder gab es nicht erwartete Ergebnisse. Wintergetreide war in Süddeutschland bis 400 Bq/kg Cs-137 belastet, was auf eine effektive Aufnahme von Cäsium über das Blatt und eine effektive Verlagerung in die Körner hindeutete. Die Messungen in den Nahrungsmitteln wurden ergänzt durch systematische Ganzkörpermessungen, mit denen die Cs-134/137-Aktivität im Körper von Menschen bestimmt werden kann.

Gebiet	Effektive Dosis im 1. Jahr (mSv)				Gesamte effektive Dosis für die nach dem Unfall folgenden 50 Jahre (mSv)			
	1986	1987	1996	2006	1986	1987	1996	2006
Voralpengebiet		1,2	0,65	0,5		3,8	2,2	2,1
Südlich Donau	0,5 - 1,1	0,6	0,35	0,3	1,5 - 4,0	1,9	1,3	1,1
Nördlich Donau		0,2	0,17	0,1		0,6	0,55	0,4

Vergleich der in den Jahren 1986, 1987, 1996 und 2006 berechneten effektiven Dosen für Erwachsene durch die SSK

Im September 1986 veröffentlichten das ISH und das Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene eine gemeinsame, bundesweite Kontaminationskarte, die erstmals flächendeckend die Kontamination des Bodens mit Cs-137 zeigte. (Abb. auf Seite 7)

Nachdem die Verteilung der Radioaktivität in der Umwelt hinreichend gut bekannt war, wurden auch die Dosisabschätzungen immer besser. Die Tabelle oben fasst die Dosisabschätzungen der SSK in den Jahren 1986, 1987, 1996 und 2006 für Erwachsene zusammen. Die Strahlenexpositionen der Kleinkinder lagen jeweils um 10 – 20 % höher. Die Zahlen zeigen, dass die Dosisprognosen bereits 1986 recht zuverlässig waren. Sie zeigen aber auch, dass die Abschätzungen um so vorsichtiger sind, je weniger Kenntnisse zur Verfügung stehen.

Mit dem Ende der Haupterntezeit ging Ende August auch die Messfrequenz in pflanzlichen Medien zurück. Tierische Produkte wurde aber noch den ganzen Winter über verstärkt gemessen. Die Cs-134/137-Aktivität in der Milch stieg mit der Winterfütterung von kontaminiertem Heu, insbesondere des ersten Schnitts, nochmals deutlich auf einige 10 Bq/l an. Erst ein Jahr nach dem Unfall in Tschernobyl lagen die Aktivitäten in den landwirtschaftlichen Produkten in der Nähe des Pegels vor dem Reaktorunfall. Höher belastet waren noch Fische aus Binnenseen sowie Wild, Waldbeeren und Pilze, deren spezifische Aktivitäten teilweise weiter anstiegen.

Das Fachgebiet Radioökologie untersuchte die Umweltkontamination, um systematisch der Frage nachzugehen, warum Wild, Beeren und Pilze im Gegensatz zu landwirtschaftlichen Produkten lange Zeit hoch kontaminiert blieben. Die Routinemessungen wurden nach und nach eingeschränkt. Das Verständnis des Verhaltens von Radionukliden in der Umwelt rückte in den Mittelpunkt des Interesses. Aufgrund dieser und ähnlicher Untersuchungen ist man heute viel besser als früher in der Lage, das langfristige Verhalten von Radionukliden zu prognostizieren.

Die Ende April noch eilends beschafften 5-l-Kanister für Milchproben wurden allerdings nie genutzt, da aufgrund der viel höheren Radionuklidgehalte, als

sie vor dem Unfall erwartet worden waren, bereits deutlich geringere Mengen für Radionuklidanalysen ausreichten.

AUS DEM STAATLICHEN AMT FÜR ATOMSICHERHEIT UND STRAHLENSCHUTZ (DDR)

Ansprechpartner:

Eckard Ettenhuber (0 18 88/3 33-42 00)

Organisation der Überwachung

In der DDR war das Staatliche Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz (SAAS) die für die Durchsetzung aller Belange der Atomsicherheit und des Strahlenschutzes zuständige Behörde. Das SAAS war deshalb auch für die Koordinierung aller Maßnahmen zur Überwachung der Auswirkungen des Reaktorunfalls in Tschernobyl, für die Bewertung der Ergebnisse und für Empfehlungen über erforderliche Strahlenschutzmaßnahmen zuständig.

Am Nachmittag des 28.04.1986 erhielt das SAAS über Verbindungen zur IAEA, zunächst inoffiziell, erste Informationen über erhöhte Radioaktivitätswerte in der Luft in skandinavischen Ländern und über einen Reaktorunfall im europäischen Teil der Sowjetunion als mögliche Ursache dafür. Diese Informationen waren Anlass, noch am 28. April eine Bewertungsgruppe zu bilden, die die Aufgabe hatte, alle Informationen und Messergebnisse zu analysieren, zu bewerten, eine umfassende Beurteilung der Situation vorzunehmen und Empfehlungen für mögliche Gegenmaßnahmen zu erarbeiten. Diese Bewertungsgruppe war in eine Leit- und Analysegruppe integriert, in die alle DDR-Ministerien einbezogen waren, die für die Durchführung eventuell erforderlicher Schutzmaßnahmen verantwortlich waren.

Vom SAAS wurden unverzüglich Maßnahmen getroffen, die bestehenden Messnetze zur Überwachung der Umweltradioaktivität zu verdichten, die Häufigkeit der Messungen zu erhöhen und die Messaufgaben den Erfordernissen entsprechend zu erweitern.

In das Überwachungsprogramm waren neben dem Meteorologischen Dienst und anderen staatlichen Einrichtungen auch die Laboratorien für die Umgebungsüberwachung der Kernkraftwerke sowie Forschungseinrichtungen der Akademie der Wissenschaften und Hochschulen einbezogen. Die Messaufgaben wurden vom SAAS vorgegeben und die Institutionen zur täglichen Berichterstattung und Übermittlung der Messergebnisse an das SAAS verpflichtet. Im Rahmen der technischen Möglichkeiten wurde vom SAAS auch eine Qualitätsüberwachung der durchgeführten Messungen organisiert.

Mit Beginn der Überwachung wurde auch eine zentrale Datenbank aufgebaut, in die alle Überwachungsergebnisse und die für die Bewertung der Strahlenexpositionen erforderlichen Informationen aufgenommen wurden. Mit Hilfe dieser Datenbank wurde später der Datenaustausch sowohl bilateral als auch mit der IAEA realisiert.

Verlauf der Situation, Durchführung der Überwachung und Ergebnisse

Der Meteorologische Dienst stellte von Beginn an Daten über die Wettersituation und Prognosen über die Entwicklung bereit, die für die Planung der Überwachungsprogramme sehr wichtig waren.

Beginnend mit dem 29.04. erreichten radioaktiv kontaminierte Luftmassen das Gebiet der DDR, zunächst solche, die aus dem Unfallgebiet nach Nordost- und Nordpolen gelangt waren, aber auch Luftmassen, die direkt aus dem Unfallgebiet herangeführt wurden. Sie erreichten vor allem die Lausitz, gelangten aber auch bis in den Berliner Raum und teilweise nach Thüringen. Mehr oder weniger unbeeinflusst blieben die nördlichen und westlichen Gebiete. Anfang Mai begann von Süden her erneut ein Zustrom radioaktiv kontaminierter Luftmassen, die zunächst aus dem Unfallgebiet nach Südosteuropa, Österreich, in die Bundesrepublik Deutschland und die CSSR gelangt waren. Sie erreichten Thüringen und Westsachsen und wurden von dort nach Norden transportiert. Wenige Tage später setzten in den westlichen Gebieten örtlich teils kräftige Niederschläge ein, die nach und nach auch die östlichen Gebiete erreichten. Diese Niederschläge waren die Ursache für die zeitlich und örtlich sehr unterschiedlichen Radioaktivitätsablagerungen. Nach dem 08.05. stellte sich die Wetterlage um, mit intensiven Niederschlägen verbundene westliche Luftströmungen beendeten die Zufuhr radioaktiv kontaminierter Luftmassen aus dem Unfallgebiet.

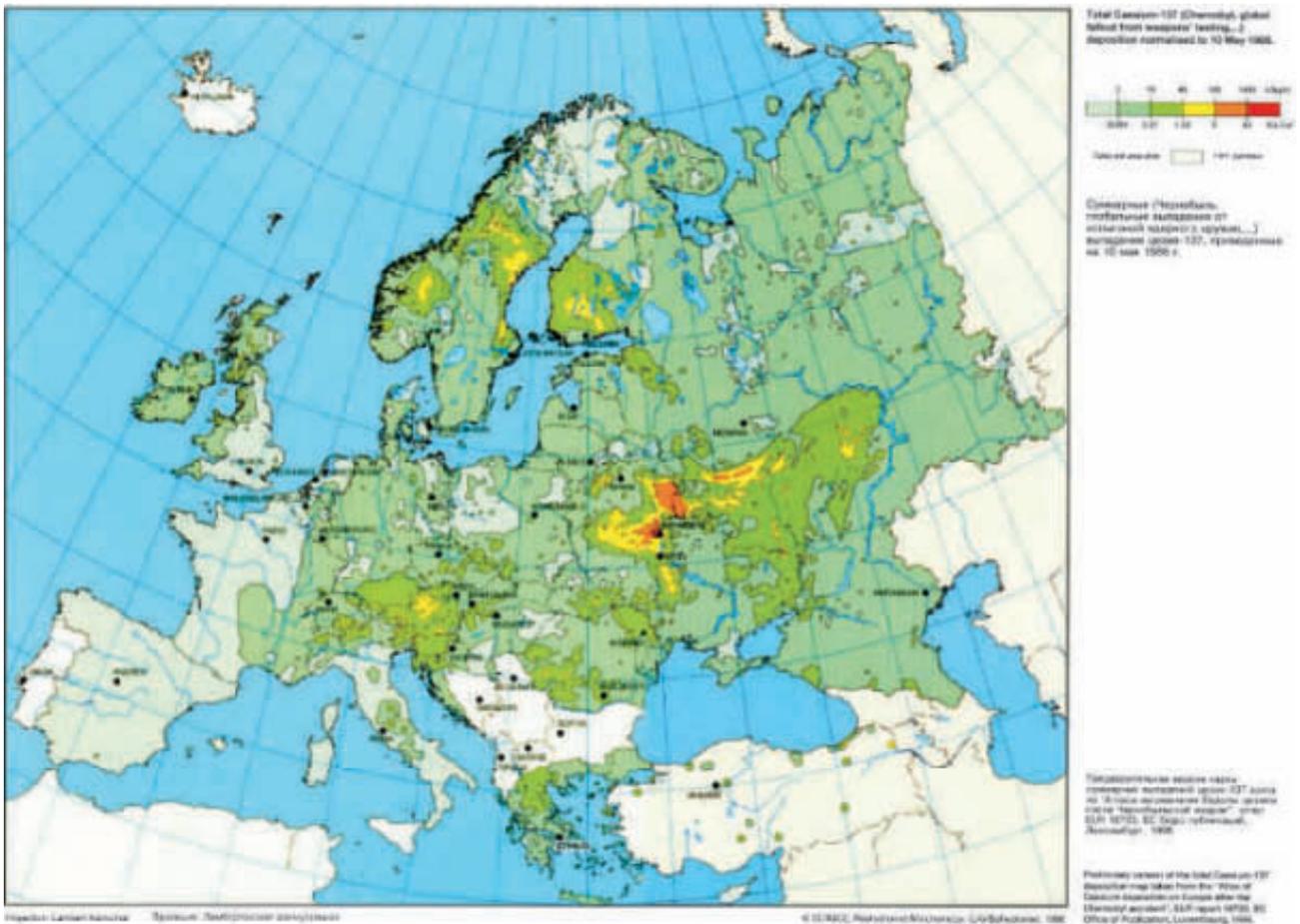
Bei der Planung der Überwachungsmaßnahmen wurden die Zusammensetzung des Radionuklidgemisches in der Luft, die räumliche Verteilung der kontaminierten Luft, die wegen der unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen erwarteten regionalen

Unterschiede der Radionuklidablagerungen, der Vegetationsstand und die unter diesen Bedingungen möglichen Expositionsszenarien und Expositionspfade berücksichtigt.

Bis etwa Ende Mai war Jod 131 für die Strahlenexposition bestimmend, als Hauptexpositionspfad musste die Kette Luft-Futterpflanze-Kuh-Milch überwacht werden. In der Anfangsphase war auch die durch die Radionuklidablagerungen verursachte äußere Strahlenexposition zu beachten, die Inhalation war von untergeordneter Bedeutung.

Aus der Zusammensetzung des Radionuklidgemisches ergab sich nach ersten Abschätzungen, dass längerfristig nur die Isotope Cs-134 und Cs-137 für die Höhe der Strahlenexposition bestimmend sein würden und dass neben dem Verzehr von kontaminierter Milch auch der Verzehr von Blattgemüse, Fleisch und Fisch beachtet werden musste. Weniger bedeutsam waren dagegen Getreide, Kartoffeln, Wurzelgemüse und Obst. Art, Ort und Häufigkeit der Messungen wurden der erwarteten Entwicklung der Situation angepasst. In Gebieten, in denen mit höheren Kontaminationen gerechnet werden musste, wurden intensivere Überwachungsmessungen durchgeführt.

Parallel zur Überwachung der radioaktiven Belastung der Pflanzen und Nahrungsmittel wurden auch systematische Messungen zur Ermittlung der radioaktiven Belastung der Böden in einem engen Flächenraster (jeweils 10 km * 10 km) durchgeführt, um einen Überblick über die regionale Variation der radioaktiven Kontamination der Böden zu bekommen und die Kontaminationsschwerpunkte identifizieren zu können. Diese Untersuchungen waren für Prognosen über die Strahlenexpositionen, mit denen in den Folgejahren zu rechnen ist, und für die Planung der erforderlichen Überwachungsmaßnahmen von großer Bedeutung. Bald ergab die Auswertung der Untersuchungen, dass die DDR zu den Gebieten in Europa gehörte, die weniger betroffen waren (vgl. Karte der Cs-134-Kontamination der Böden in Proceedings des IAEA-Symposiums STI/PUB/825 Vol. I, p.227). Anfang der 90er Jahre bildeten die Ergebnisse dieser Bodenuntersuchungen zusammen mit den für die alten Bundesländer gewonnenen Untersuchungsergebnissen die Datengrundlage für eine gesamtdeutsche Karte der Cs-137-Kontamination der Böden. Auch diese Karte macht deutlich, dass die radioaktive Kontamination Ostdeutschlands, verglichen mit der Kontamination in anderen Gebieten Deutschlands, deutlich geringer war und erhöhte Kontaminationen auf Teilgebiete beschränkt waren, die verglichen mit dem Gesamtterritorium klein waren (s. a. Abb. auf Seite 7). Die Gebiete mit erhöhten Kontaminationen bildeten in den Folgejahren den Schwerpunkt der Überwachung durch das SAAS.



Zeitraum	Belastungskomponente	individuelle Belastung	
		Mittelwert in mSv	Bereich in mSv
Mai 1986	äußere Bestrahlung	0,03	0,02 ... 0,1
	Inhalation	0,005	0,001 ... 0,02
	Ingestion	0,075	0,04 ... 1,1
	alle Komponenten	0,11	
Juni bis Dezember 1986	äußere Bestrahlung	0,06	0,03 ... 0,18
	Ingestion	0,06	0,03 ... 1,1
	alle Komponenten	0,12	
Januar bis Dezember 1987	äußere Bestrahlung	0,08	0,04 ... 0,28
	Ingestion	0,05	0,02 ... 0,7
	alle Komponenten	0,13	

(aus: Wissenschaft und Fortschritt, Heft 4/89, Akademie der Wissenschaften der DDR)

Übersicht über die durch den Reaktorunfall bedingte Strahlenbelastung

Ableitung von Richtwerten und Vorbereitung von Schutzmaßnahmen

Aus dem Geschehen ergab sich, dass Schutzmaßnahmen für den Verzehr belasteter Lebensmittel erforderlich werden konnten. Ausgehend von den Kontaminations- und Expositionsszenarien wurden von der Bewertungsgruppe nach den Grundprinzipien des Strahlenschutzes – Rechtfertigung und Optimierung – Anfang Mai 1986 Richtwerte für die Kontamination landwirtschaftlicher Produkte festgelegt. Im Zeitraum bis zum 31.05.1986 galten für die Kontamination von Frischmilch 500 Bq/l und für Blattgemüse 1000 Bq/kg, jeweils für I-131. Ab 01.06.1986 galten für die Kontamination mit Cs-137, das für die Exposition bestimmend war, 300 Bq/kg für alle Lebensmittel.

Ogleich diese Richtwerte bereits unter dem Gesichtspunkt der Optimierung abgeleitet worden waren, wurde zusätzlich festgelegt, dass bei anhaltender Überschreitung dieser Richtwerte vorsorglich Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung erwogen werden sollten.

Gemeinsam mit dem Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft wurden Maßnahmen vorbereitet, um die Strahlenexpositionen, die durch den Verzehr kontaminierter Nahrungsmittel verursacht werden könnten, zu begrenzen. Ein direkter Eingriff in die Lebens- und Ernährungsgewohnheiten sollte dabei vermieden werden. Die Anwendung dieser Maßnahmen war jedoch nur in Einzelfällen erforderlich (z. B. Konservierung von frischem Blattgemüse im Mai 1986, das mit I-131 kontaminiert war, Auswahl von Futter mit niedrigen Cs-134/Cs-137-Kontaminationen für die Milchviehbestände in höher kontaminierten Gebieten im Winter 1986/1987, gezielte Auswahl von Milch mit niedrigen Cs-134/Cs-137-Kontaminationen für die Herstellung von Kindernahrungsprodukten).

Für den Verzehr von Fischen aus Gewässern in den höher kontaminierten Gebieten, von Pilzen und

Wildfleisch aus eben diesen Gebieten waren in Anbetracht der geringen Verzehrsmengen keine Maßnahmen erforderlich.

Lehren aus dem Ereignis

Auch das SAAS wurde durch das Ereignis überrascht, jedoch war es in kurzer Zeit in der Lage, die Maßnahmen für die Überwachung einzuleiten, eine fachlich fundierte Bewertung der Situation vorzunehmen, Maßnahmewerte abzuleiten und geeignete Gegenmaßnahmen vorzuschlagen. Die zentrale Organisationsstruktur für die Strahlenschutzkontrolle in der DDR war dabei gewiss von Vorteil. Nichtsdestoweniger wurden auch Probleme deutlich, die in einem anders garteten Fall eine Lagebeurteilung erschwert hätten.

Ein Problem war die schnelle Bereitstellung von Daten und Informationen, die zwar in diesem Fall noch akzeptabel, für andere Ereignisse jedoch verbesserungswürdig war. Es wurde deshalb ein Überwachungssystem entwickelt, dessen Zielstellung und technische Konzeption mit dem heute existierenden IMIS-System vergleichbar waren.

Nachteilig war damals auch, dass eine internationale Zusammenarbeit nur in Ansätzen vorhanden war. Die Beschaffung von Informationen über den Störfall und seine Auswirkungen in den Nachbarländern, die für eine schnelle Erstbewertung der Lage im Inland hilfreich gewesen wären, war nur mit Mühe und teilweise auf „halboffiziellem“ Wege möglich. Auch diese Probleme sind gelöst. Heute gibt es eine gut organisierte internationale Kooperation, die vom Daten- und Informationsaustausch bis hin zu gegenseitigen Hilfeleistungen reicht.

Eine Erfahrung aus den damals durchgeführten Überwachung ist auch die Tatsache, dass in kurzer Zeit eine Flut von Messdaten und anderen Informationen anfiel, deren Bewertung nicht nur die handelnden Personen, sondern auch die damals ver-

fügbare Technik zur Datenverarbeitung teilweise überforderte. Heute ist die Leistungsfähigkeit der verfügbaren Mess- und Datenverarbeitungstechnik um ein Vielfaches höher. Das sollte jedoch nicht dazu verleiten, die Art und vor allem den Umfang der Daten und Informationen, auf denen die Lagebeurteilung aufbaut, aus dem Stand der Technik herzuleiten. Die Erfahrung aus der Überwachung, die auch heute noch gilt, lautet: Nicht so viele Daten wie möglich, sondern so viele Daten wie nötig!

Die Erfahrungen machen auch deutlich, dass in einem Ereignisfall der Erfolg der getroffenen Schutzmaßnahmen nicht nur von der Arbeit der Behörden abhängt, die diese Maßnahmen umsetzen müssen. Auch der einzelne Bürger trägt durch sein Verhalten

zum Erfolg dieser Maßnahmen bei. Voraussetzung dafür ist die Akzeptanz der Maßnahmen, die nur durch eine sachgerechte Berichterstattung erreicht werden kann. Auf Grund der restriktiven Informationspolitik in der DDR, die auch in diesem Fall nicht aufgegeben worden ist, wurde das missachtet. Eine generelle Verunsicherung war die Folge. Hier und da führte der Mangel an Informationen verständlicherweise zu Überreaktionen. Aber auch Gleichgültigkeit, die teilweise zu beobachten war, ist nachteilig.

In einem solchen Fall muss eine schnelle, umfassende, sachliche und widerspruchsfreie Information der Öffentlichkeit erfolgen. Meinungsvielfalt bei Lageeinschätzungen und Empfehlungen ist in einem solchen Fall nicht hilfreich.

ARBEITSSCHWERPUNKTE DES BfS

ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

Ansprechpartner:

Ulrich Kleemann (0 18 88/3 33-16 00)

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 11. Juni 2000 darauf, die Erkundung des Salzstocks in Gorle-

ben 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 hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) zwölf Fragestellungen formuliert, die grundsätzlich für alle Wirtsgesteine gelten und geklärt werden müssen:

Welchen Nutzen haben Naturbeobachtungen in Sicherheitsbewertungen?	Ergeben sich Anforderungen an das Endlagerkonzept aus der Gasbildung der Abfälle?
Wie sollen Unsicherheiten in Modellrechnungen behandelt werden?	Wie kann Kritikalität im Endlager ausgeschlossen werden?
Welches Isolationspotenzial ist vorhanden und welcher Nachweiszeitraum ist zu berücksichtigen?	Wie können Risiken aus menschlichen Einwirkungen reduziert werden?
Welche Sicherheitsindikatoren können herangezogen werden?	Welche Anforderungen sind an ein Mehrbarrierenkonzept zu stellen?
Welche Daten zu geochemischen Prozessen müssen vorliegen?	Welche sicherheitstechnischen Vor- und Nachteile hat die Gewährleistung einer Rückholbarkeit der Abfälle?
Ist eine Gefährdung durch chemotoxische Stoffe in den Abfällen zu besorgen?	Resultieren Anforderungen an das Safeguards-Konzept für andere Wirtsgesteine als Steinsalz und eine Rückholbarkeit der Abfälle?

Das BfS hatte die Aufgabe, aufbauend auf den Ergebnissen der Vorhaben zu den 12 einzelnen Fragestellungen einen Vergleich der Wirtsgesteine vorzunehmen. Dabei stand im Mittelpunkt, ob die sicherheitstechnischen Einzelfragen für die unterschiedlichen Wirtsgesteine verschieden zu beantworten sind und hieraus Vorgaben an ein Endlagerkonzept resultieren.

Um sicherzustellen, dass die erzielten Ergebnisse den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik dokumentieren, wurden die von Auftragnehmern des BfS erstellten Berichte einem in der Wissenschaft üblichen Peer-Review-Verfahren durch externe Sachverständige unterzogen. Darüber hinaus wurden sie auf dem Workshop „Sicherheitstechnische Einzelfragen der Endlagerung“, den das BfS in Hannover im September 2005 durchgeführt hat, durch die Auftragnehmer vorgestellt und mit einem Expertenkreis diskutiert. Auf der Basis der erarbeiteten Berichte zu den zwölf Fragestellungen, den durchgeführten Re-

sultaten dieser Unterlagen und den Diskussionsergebnissen aus dem Workshop hat das BfS eine wirtsgesteinsübergreifende Bewertung vorgenommen.

Die durchgeführten Untersuchungen haben eine Fülle von vorhandenen Informationen zum Stand von Wissenschaft und Technik bei der Planung und Errichtung von Endlagern für radioaktive Abfälle in tiefen geologischen Formationen zusammengetragen. Die Berichte der Auftragnehmer stellen in ihrer Gesamtheit ein Grundlagenwerk dar, das den Stand von Wissenschaft und Technik bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle wiedergibt. Hierdurch und durch die Diskussion während des Workshops ist deutlich geworden, wo die Grenzen und Möglichkeiten in der wissenschaftlichen Beantwortung der zwölf Fragen liegen, welcher Forschungsbedarf besteht und welche regulatorischen Maßnahmen zu ergreifen sind. Dies ist der wesentliche Erkenntnisgewinn. Zusätzlich lieferten die Untersuchungen auch neue Erkenntnis-

se wie z. B. die erstmalige Zusammenstellung des chemotoxischen Inventars für alle Arten radioaktiver Abfälle oder die Zuordnung natürlicher und anthropogener Analoga zu endlagerrelevanten Prozessen in unterschiedlichen Wirtsgesteinen.

Damit und mit dem Bericht des BfS „Konzeptionelle und sicherheitstechnische Fragen der Endlagerung – Wirtsgesteine im Vergleich“ liegt eine umfassende fachliche und wissenschaftliche begründete Basis für weitergehende Entscheidungen zur Endlagerung vor.

Das Peer-Review-Verfahren und die wissenschaftliche Diskussion der Experten während des Workshops ergaben, dass keine wesentlichen Wissenslücken auf generischer Ebene identifiziert werden konnten. Die offenen Fragen sind entweder regulatorisch zu klären oder werden aus sicherheitstechnischer Sicht als nicht so relevant angesehen, als dass sie vor weiteren Entscheidungen über die Vorgehensweise bei der Endlagerung grundlegend zu klären sind.

Die Ergebnisse der Untersuchungen, des Peer Reviews und des Workshops können durch folgende vier Kernaussagen zusammengefasst werden:

1. Keine eindeutigen Vorteile eines Wirtsgesteins auf Grund generischer Betrachtungen

Die Möglichkeiten und Grenzen eines generischen – d. h. abstrakten – Vergleichs von Wirtsgesteinen wurden aufgezeigt. Danach gibt es kein Wirtsgestein, 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. Vorteile von Wirtsgesteinen sind nur im Vergleich von Standorten zu ermitteln

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass für alle in Deutschland potenziell vorhandenen Wirtsgesteine angepasste Endlagerkonzepte entwickelt werden können. Da die Verhältnisse auch innerhalb einer Wirtsgesteinsformation z. T. starken Schwankungen unterliegen, kann ein Vergleich verschiedener Optionen nur standortspezifisch über standortspezifische Sicherheitsanalysen erfolgen.

3. Es besteht Regelungsbedarf zu den Schutzziele der Endlagerung

Es besteht Regelungsbedarf zu den Anforderungen an den sicheren Einschluss der Schadstoffe (einschlusswirksamer Gebirgsbereich) und damit an den Stellenwert der einzelnen Barrieren in einem Mehrbarrierenkonzept, die Definition des Nachweiszeitraums, die Festlegung von Schutzziele für Mensch und Umwelt bei einer Freisetzung von chemotoxischen und radioaktiven Stoffen sowie an die Bewertung der Er-

gebnisse von probabilistischen Sicherheitsanalysen. Ferner muss über den Stellenwert der Szenariengruppen für zu erwartende und außergewöhnliche Entwicklungen, über Schlüsselszenarien für unbeabsichtigtes menschliches Eindringen und über die Rückholbarkeit von endgelagerten radioaktiven Abfällen entschieden werden. Weitere wissenschaftlich-technische Arbeiten können hierzu keine zusätzlichen relevanten Informationen liefern.

4. Forschungs- und Entwicklungsbedarf ergibt sich aus standortspezifischen Sicherheitsanalysen

Von wenigen Ausnahmen abgesehen, ergibt sich aus den generischen Fragestellungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle aus Sicht des BfS kein grundsätzlicher weiterer Forschungsbedarf. Die noch erkennbaren Wissenslücken und ihre Relevanz für die Sicherheit eines Endlagers können nur mit standort- und anlagenspezifischen Sicherheitsanalysen ermittelt werden. Aus Sicht des BfS sollten sich daher zukünftige Endlagerplanungsarbeiten auf standortspezifische Sicherheitsanalysen konzentrieren, die Standorterkundung, Standortvergleich und Planung eines Endlagers parallel in interaktiven Schritten begleiten. Der standortspezifischen Sicherheitsanalyse kommt dabei eine Doppelfunktion zu, und zwar einerseits als Steuerungsinstrument zur Festlegung des notwendigen Umfangs und der Genauigkeit von Erkundungen bzw. Untersuchungen und andererseits als Mittel, um die Sicherheit des betriebenen und verschlossenen Endlagers im Genehmigungsverfahren darzustellen.

Vergleich von Endlagerstandorten

Ansprechpartner: Georg Arens (0 18 88/3 33-18 20)
Matthias Beushausen (0 18 88/3 33-19 51)

Der Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd, www.akend.de) hatte im Dezember 2002 ein Verfahren und Kriterien für die Auswahl von Endlagerstandorten vorgestellt. Mit Unterstützung durch das BfS hat darauf hin das Bundesumweltministerium (BMU, www.bmu.bund.de) die Umsetzbarkeit des vom AkEnd vorgeschlagenen Auswahlverfahrens überprüft. Wesentliche Aspekte waren die Kosten für die geologische Erkundung und die Beteiligung der Öffentlichkeit sowie die Neuverteilung der Zuständigkeiten bei der Endlagerung. Im Juni 2005 veröffentlichte das BMU den Entwurf eines Verbands- und Standortauswahlgesetzes (VStG), mit dem die Durchführung eines Standortauswahlverfahrens auf der Basis des AkEnd-Vorschlags verbindlich vorgeschrieben werden sollte und das wesentliche Forderungen des AkEnd umgesetzt hatte.

Entwicklung einer anerkannten Datenbasis

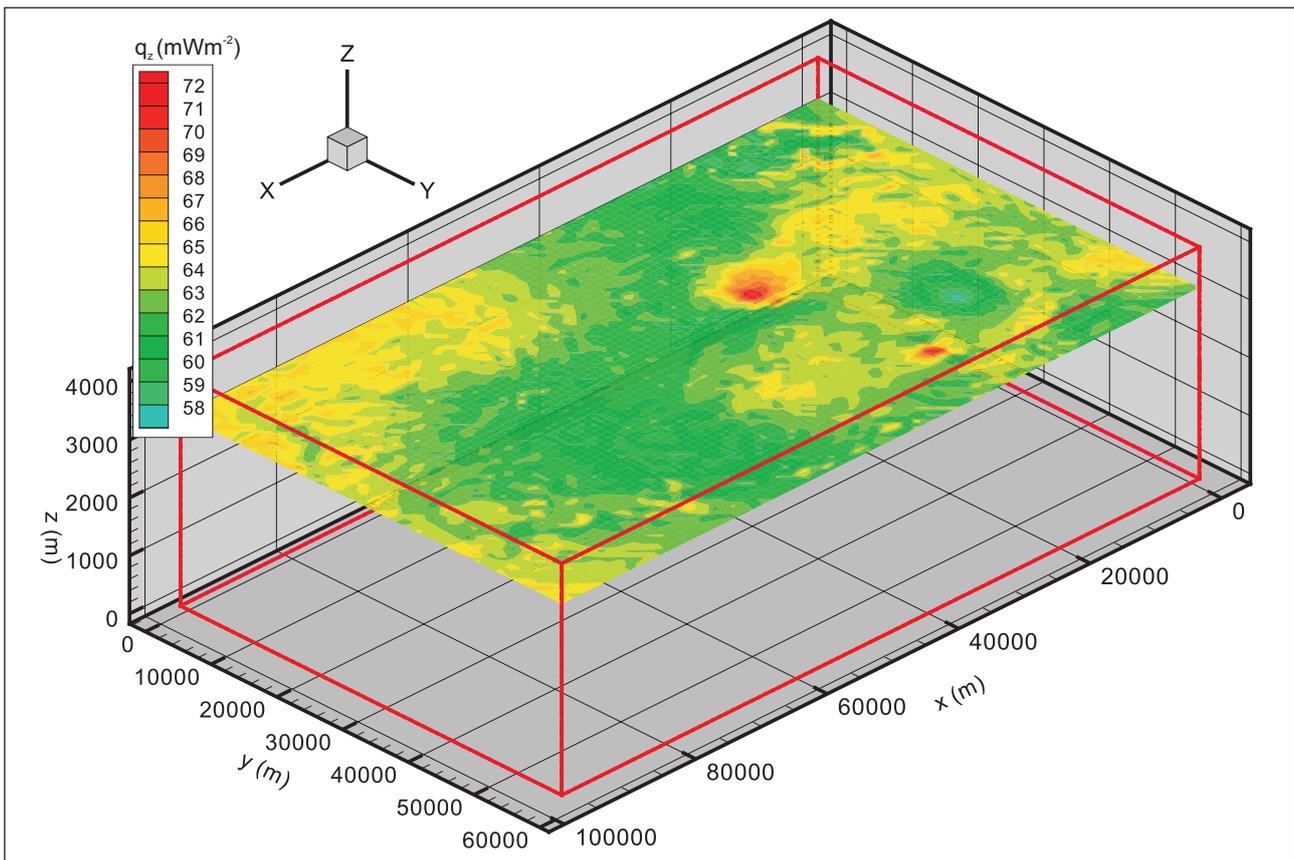
Auf Grund der Entscheidung in den 70er Jahren, für eine Endlagerung radioaktiver Abfälle ausschließlich

Salzstöcke zu untersuchen, ist die existierende Daten- grundlage für ein Auswahlverfahren quantitativ und qualitativ sehr unterschiedlich. Tongesteine, die für eine Endlagerung ebenfalls günstige Eigenschaften aufweisen können, wurden nicht flächendeckend untersucht. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover (BGR, www.bgr.bund.de) hat deshalb auf der Basis vorhandener Daten das Wissen über die Verbreitung von Tongesteinen und die Beschreibung ihrer mineralogischen und hydro- geologischen Eigenschaften umfassend aufgearbei- tet. Ergänzend hierzu hat das BFS Aufträge mit dem Ziel vergeben, die Zuverlässigkeit untersuchen zu lassen, mit der bestimmte für die Sicherheitsbewer- tung eines Endlagers wichtige Eigenschaften von potenziellen Endlagerstandorten bestimmt werden können. Ziel der Arbeiten war es auch, Möglichkeiten für effiziente Erkundungs- und Auswertemethoden in einem Auswahlverfahren aufzuzeigen, damit der zeitliche und finanzielle Aufwand für ein Auswahl- verfahren möglichst gering gehalten werden kann. Aus den Ergebnissen dieser Arbeiten kann insgesamt geschlossen werden, dass die Datengrundlage in Deutschland eine ausreichend zuverlässige Auswahl von Standorten mit besonders günstigen geologischen Verhältnissen ermöglicht. Durch eine optimierte Vor- gehensweise bei der Auswahl und Erkundung kann der Aufwand so gestaltet werden, dass die Realisier- barkeit der Endlagerung hierdurch nicht in Frage gestellt wird.

Erkennen und Quantifizieren von Grundwasser- strömungen im tiefen Untergrund

Grundwasserströmungen im tiefen Untergrund kön- nen langfristig zur Ausbreitung von Schadstoffen aus dem Endlager in die vom Menschen genutzte Um- welt führen. Deshalb darf an einem Endlagerstandort nur eine sehr geringe Grundwasserströmung im tie- fen Untergrund von kleiner 1 mm/a nach den Krite- rien des AkEnd und dem Entwurf des Verbands- und Standortauswahlgesetz (VStG) vorhanden sein. Solch kleine Grundwasserströmungen können nicht gemessen und damit auch nicht durch direkte Verfahren ausgeschlossen werden. Für den Nachweis bzw. Aus- schluss solcher Grundwasserströmungen sind somit in der Regel sehr detaillierte Modellrechnungen auf der Basis standortspezifischer Erkundungen erfor- derlich. Diese liegen in den ersten Schritten des vor- geschlagenen Auswahlverfahrens nicht vor, da hier noch keine neuen Daten erhoben werden sollen.

Ergebnisse eines von der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH Aachen, www.rwth-aachen.de) und des Instituts für geowissen- schaftliche Gemeinschaftsaufgaben Hannover (GGA- Institut, www.gga-hannover.de) gemeinsam über 4 Jahre durchgeführten Projekts demonstrieren das Potenzial, über die vorliegenden Daten zur Tempera- turverteilung im tiefen Untergrund Gebiete mit signi- fikanter Durchströmung tiefer Gesteinsschichten aus- zuweisen. Es können Betrag und Richtung der Strö-



Berechnete Wärmestromdichten q_z (W/m^2) im Thüringer Becken für eine Tiefe von 600 m unter NN

mungen berechnet werden, so dass zumindest solche Gebiete vom Auswahlverfahren ausgeschlossen werden können, die mit hoher Zuverlässigkeit nicht die Kriterien für einen Endlagerstandort erfüllen. Vertikale Grundwasserströmungen mit Geschwindigkeiten $> 1\text{cm/a}$ werden erkannt. Im weiteren Verlauf des Auswahlverfahrens stellen die entwickelten Methoden zudem eine gute Möglichkeit dar, die Erkundung zu optimieren. Das Gemeinschaftsprojekt der RWTH Aachen und des GGA-Instituts kommt zu folgenden Ergebnissen:

- Die Regionalstudien in der westlichen Molasse und im Thüringer Becken weisen beispielhaft nach, wie und in welchem Umfang bestehende Datenbestände in einem Standortbewertungsverfahren genutzt werden können. Es konnten umfangreiche Datensätze erschlossen werden.
- Die entwickelte Methodologie zur Korrektur von gestörten Temperaturdaten, die neuartige Bestimmung des paläoklimatischen (eiszeitlichen) Signals aus den Bohrlochdaten und die Rekonstruktion von thermophysikalischen Gesteinseigenschaften aus geophysikalischen Bohrlochdaten sind notwendig für eine Nutzung der vorhandenen Daten.
- Durch die Entwicklung eines Rechenverfahrens zur inversen Parameterschätzung (z. B. wird zu gemessenen Grundwassertemperaturen die dazu am besten passende räumliche Verteilung von Wärmeleitfähigkeiten und Wärmekapazitäten rückberechnet. In einer Vorwärtsrechnung würde die Temperaturverteilung aus gemessenen Verteilungen der Wärmeleitfähigkeiten und Wärmekapazitäten berechnet.) wurde die Grundlage für eine weitgehend automatische Kalibrierung und Validierung numerischer Modelle, wie sie für den Langzeitsicherheitsnachweis für ein Endlager erforderlich sind, geschaffen. Mit Hilfe des Rechen-

verfahrens können Erkundungen im weiteren Verlauf eines Auswahlverfahrens geplant und optimiert werden.

Gebirgsmechanische Eigenschaften von Tongesteinen

Die Kosten für ein Endlager, die Sicherheit während der Betriebsphase sowie die Möglichkeiten, das Endlagerbergwerk während und nach der Einlagerung radioaktiver Abfälle zu verschließen, hängen in starkem Maße von den gebirgsmechanischen Eigenschaften des Wirtsgesteins ab. Während in Deutschland der Kenntnisstand über die gebirgsmechanischen Eigenschaften von Salzgesteinen aufgrund der umfangreichen Erfahrungen im Salzbergbau hoch ist, ist dies für Tongesteine nicht der Fall. Insofern kommt der Erkundung der gebirgsmechanischen Eigenschaften eine hohe Bedeutung in einem Auswahlverfahren zu. Dabei stellt sich die Frage, wie hoch der zeitliche und finanzielle Erkundungsaufwand sein muss. Die Erkundung einer Tonsteinformation ausgehend von einem Bergwerk ist sehr teuer und zeitaufwändig.

Die TU Clausthal (www.tu-clausthal.de) hat deshalb im Auftrag des BfS untersucht, welcher Kenntnisstand über die gebirgsmechanischen Eigenschaften von Tonsteinen international und insbesondere in Deutschland vorliegt. Anschließend wurde geprüft, ob mit Hilfe dieser Daten und für die Anwendung im Ton entwickelter Modellrechnungen das Verhalten von Hohlräumen in einem Bergwerk prognostiziert werden kann. Hierzu wurden insbesondere Messungen aus der ehemaligen Eisenerzgrube Konrad bei Salzgitter herangezogen, da hier verschiedene in Deutschland vorkommende Tonsteine bzw. tonhaltige Gesteine durchörtert (mit Stollen oder Strecken durchsetzt) werden.



Übertragung des Schädigungs- und Deformationsverhaltens in Bohrungen auf das gebirgsmechanische Verhalten von Strecken

Der Vergleich von Berechnungen und Messungen des gebirgsmechanischen Verhaltens von Strecken in Tongesteinen zeigt auf, dass die bislang vorliegende Datenbasis nicht hinreichend ist, um hieraus zuverlässige Aussagen über das gebirgsmechanische Verhalten in Tongesteinen an anderen Standorten zu treffen. Standortsspezifische Erkundungen sind erforderlich. Die Studien zeigen allerdings einen Weg auf, um aus von der Erdoberfläche niedergebrachten Bohrungen ausreichend Kenntnisse zu gewinnen. Hierzu müssen in der Tiefe in horizontale Richtung abgelenkte Bohrungen erstellt werden. Anhand von Messergebnissen in diesen Bohrungen und an Kernen der Bohrungen lassen sich die gebirgsmechanischen Verhältnisse für eine Standortauswahl vermutlich ausreichend belastbar ermitteln. Eine Absicherung dieser Vorgehensweise erfordert allerdings weitere Untersuchungen.

SCHACHTANLAGE KONRAD

Ansprechpartner: Frank Printz (0 18 88/3 33-18 40)

Die Schachanlage Konrad ist ein ehemaliges Eisenerzbergwerk im südöstlichen Teil Niedersachsens bei Salzgitter-Bleckenstedt.

Nach Abteufen der beiden Schächte in den Jahren 1957 bis 1962 wurde die vor etwa 150 Mio. Jahren gebildete Eisenerzlagerstätte bis zum Jahr 1976 in einer Tiefe zwischen 900 m und 1200 m abgebaut. Gefördert wurden ca. 6,7 Mio. t Eisenerz.

Aufgrund der außergewöhnlichen Trockenheit des Grubengebäudes, da mehrere 100 m mächtige Ton- und Mergelgesteine eine natürliche Barriere oberhalb der Erzlagerstätte bilden, wurde die Schachanlage auf ihre Eignung zur Aufnahme von radioaktiven Abfällen untersucht.

Nach Abschluss und positivem Ergebnis dieser Untersuchungen stellte die damals zuständige Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) am 31.08.1982 den Antrag auf Einleitung eines Planfeststellungsverfahrens. Die Vorlage des in der Öffentlichkeit auszulegenden Planes beim Niedersächsischen Umweltministerium (NMU) als der zuständigen Planfeststellungsbehörde erfolgte im Jahr 1990. Vom 16.05.1991 bis 15.07.1991 lag der Plan öffentlich aus. Es wurden 290.000 Einwendungen zu 950 Sachthemen erhoben. Der Erörterungstermin begann am 29.09.1992 und endete nach 75 Verhandlungstagen am 06.03.1993.

Das Planfeststellungsverfahren wurde am 05.06.2002 mit der Zustellung des Planfeststellungsbeschlusses durch das NMU beendet.

Gegen den vom NMU erteilten Planfeststellungsbeschluss für die Errichtung und den Betrieb eines Endlagers für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer

Wärmeentwicklung in der Schachanlage Konrad (Salzgitter) waren vor dem Niedersächsischen Oberverwaltungsgericht in Lüneburg vier Klageverfahren anhängig.

Die Kläger (die Stadt Salzgitter, die Gemeinden Vechelde und Lengede sowie zwei Landwirte) haben geltend gemacht, der Planfeststellungsbeschluss sei rechtswidrig, weil das Verfahren nicht ordnungsgemäß durchgeführt worden sei und die Genehmigungsvoraussetzungen nicht vorgelegen hätten. Insbesondere habe das beklagte NMU keine ausreichenden Prüfungen zu den Themen Planrechtfertigung, Planalternativen, Strahlenbelastung im Normalbetrieb und bei Störfällen, Langzeitsicherheit, Transportrisiken, gezielter Flugzeugabsturz und Umweltverträglichkeit durchgeführt.

Das BfS als Inhaber des Planfeststellungsbeschlusses und die Preussag Immobilien GmbH (PSI) als Eigentümerin des Bergwerkes wurden beigeladen.

Die mündliche Verhandlung zu den vier Klagen hat vom 28.02.2006 bis 02.03.2006 vor dem Oberverwaltungsgericht (OVG) Lüneburg stattgefunden.

Das Urteil ist am 08.03.2006 verkündet worden. Die Klagen der Kommunen wurden als unzulässig (keine Klagebefugnis), die der Landwirte als unbegründet abgewiesen. Nach den Feststellungen des Gerichtes ist durch den Planfeststellungsbeschluss die erforderliche Vorsorge gegen Schäden getroffen.

Eine Revision vor dem Bundesverwaltungsgericht wurde nicht zugelassen. Wie das Bundesverwaltungsgericht über die ggf. eingelegten Nichtzulassungsbeschwerden entscheiden wird, ist noch offen. Das Bundesamt für Strahlenschutz wird deshalb vorerst keine vorbereitenden Arbeiten zur Umrüstung beginnen. Sollte es jedoch zu einer Umrüstung der Schachanlage Konrad zu einem Endlager kommen, sind eine Reihe von vorbereitenden Arbeiten vor dem Beginn einer Errichtung erforderlich. Dazu gehören:

- Überprüfung und Überarbeitung der vorliegenden Ausführungsplanungen und Bauabläufe auf der Grundlage der Festlegungen des Planfeststellungsbeschlusses (z. B. Nebenbestimmungen) im Hinblick auf Änderungsbedarf.
- Schaffung sämtlicher finanzieller, haushälterischer und vertragsrechtlicher Voraussetzungen (z. B. Abschluss bereits ausgehandelter Verträge zu Grundstückskäufen und Gestattungen sowie zur Betriebsführung).
- Aufbau einer qualifizierten, fachkundigen Betriebsmannschaft für die Realisierung des Endlagers für die Umrüstung und den späteren Betrieb.
- Schaffung sämtlicher bergrechtlicher Zulassungsvoraussetzungen.
- Vorbereitung einer Gebührenregelung für das Endlager Konrad.

ERKUNDUNGSBERGWERK GORLEBEN

Ansprechpartner: Frank Printz (0 18 88/3 33-18 40)

Die Arbeiten zur übertägigen Erkundung des Salzstockes am Standort Gorleben für die Endlagerung aller Arten von radioaktiven Abfällen begannen im April 1979. Nach Abschluss und positivem Ergebnis 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 sogenannte 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. Zurzeit werden im Erkundungsbergwerk Gorleben nur Maßnahmen und Arbeiten durchgeführt, die das Erkundungsbergwerk in einem betriebs sicheren Zustand erhalten.

In einem Verfahren vor dem Verwaltungsgericht Lüneburg hat ein Salzrechtsinhaber auf die uneingeschränkte Zulassung eines Rahmenbetriebsplans zur Gewinnung von Salz im Solverfahren im Salzstock Gorleben geklagt. Das BfS ist als Betroffene zum Verfahren beigegeben. Nachdem das VG Lüneburg der Klage des Salzrechtsinhabers am 07.02.2005 stattgegeben und das beklagte Landesbergamt in Clausthal-Zellerfeld (seit dem 01.01.2006 Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, NLBEG) hiergegen Berufung eingelegt hat, wird die Sache in zweiter Instanz vor dem Niedersächsischen OVG in Lüneburg verhandelt. Da bei der geplanten Salzgewinnung die vom Bund als Option aufrechterhaltene Fortsetzung der Erkundung erheblich erschwert werden würde, greift insoweit die Gorleben-Veränderungssperrenverordnung, die am 16.08.2005 in Kraft getreten ist.

ENDLAGER MORSLEBEN (ERAM)

Ansprechpartner: Wilhelm Hund (0 18 88/3-33-18 30)

Das in den ehemaligen Kali- und Steinsalzgruben Bartensleben und Marie durch die DDR eingerichtete Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) ging durch den Einigungsvertrag 1990 in die Verantwortung der Bundesrepublik Deutschland über und wurde bis 1998 zur Endlagerung niedrig- und mittelradioaktiver Abfälle mit überwiegend kurzen Halbwertszeiten genutzt.

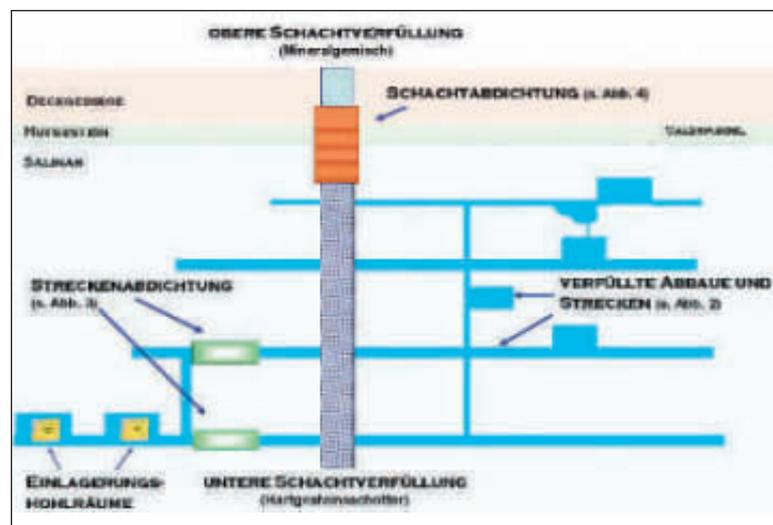
Inhaber der Dauerbetriebsgenehmigung ist seit 1990 das BfS, das die Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) mit der Betriebsführung des ERAM beauftragt hat.

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 30.06.05) eingelagert.

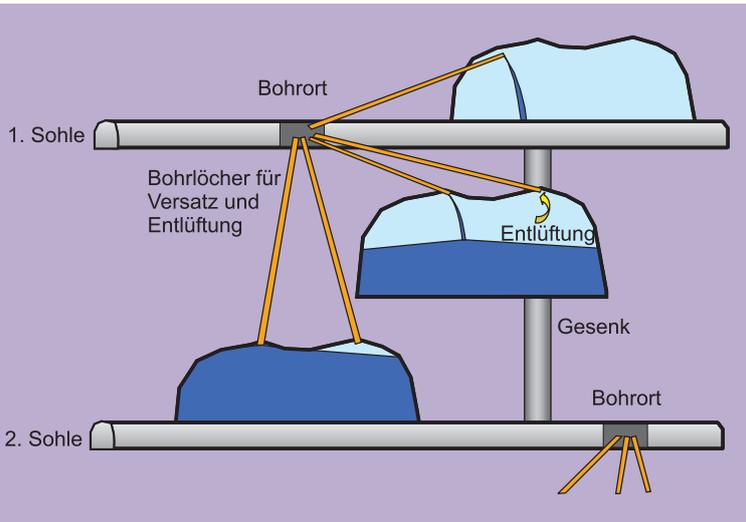
Der am 13. Oktober 1992 beim Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt (MLU) gestellte Antrag auf Weiterbetrieb des ERAM als Endlager wurde mit Antrag vom 9. Mai 1997 auf die Stilllegung des ERAM beschränkt.

Das Verfahren zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) geht in eine entscheidende Phase. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hat am 13.09.2005 folgende Unterlagen zur Öffentlichkeitsbeteiligung für die Stilllegung des ERAM dem MLU als zuständiger atomrechtlicher Planfeststellungsbehörde überreicht:

- Änderungsantrag zum Planfeststellungsverfahren
- Übersicht über geprüfte Verfahrensalternativen



Stilllegungsmaßnahmen (Prinzipische Skizze)



Verfüllen von Grubenbauen mit Salzbeton (Prinzipische Skizze)

- Plan Stilllegung ERAM
- Kurzbeschreibung Stilllegung ERAM
- Umweltverträglichkeitsstudie (UVS)
- Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP)

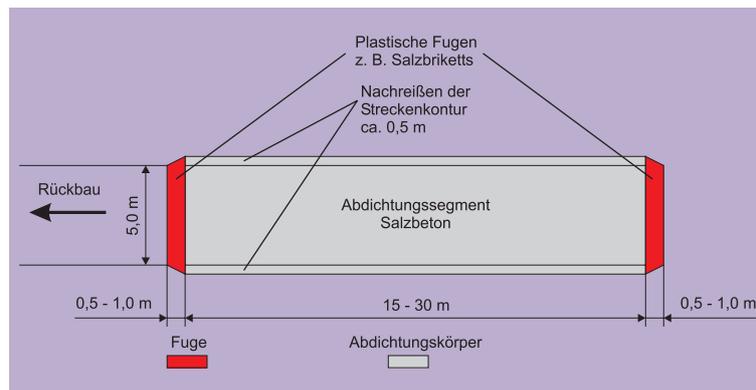
Der Plan stellt detailliert die geologische, bergtechnische, anlagentechnische und radiologische Ausgangssituation, die geplanten Arbeiten beim Um- und Rückbau der Anlagen sowie die konventionellen und radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt im Rahmen der Stilllegung des ERAM dar.

Die Stilllegung stellt besondere Anforderungen, da das Hohlraumvolumen des in einem ehemaligen Gewinnungsbergwerk eingerichteten Endlagers für radioaktive Abfälle das Volumen der darin endgelagerten Abfälle weit übersteigt. Das für das ERAM nach Prüfung von technischen Alternativen entwickelte Stilllegungskonzept sieht daher eine weitgehende Verfüllung ausgewählter Grubenbaue vor. Dabei wird davon ausgegangen, dass Maßnahmen zur Gefahrenabwehr im Zentralteil zum Zeitpunkt des Beginns der Stilllegungsmaßnahmen abgeschlossen sind.

Das verfolgte Konzept zur Stilllegung des Endlagerbergwerkes umfasst im Wesentlichen die im Folgenden dargestellten 3 Maßnahmen:

1. Verfüllung von Strecken und Grubenräumen mit Salzbeton. Diese Maßnahme dient folgenden Zielen in der Nachbetriebsphase:
 - Stützung des Gebirges gegen Senkungen.
 - Reduzierung des verfügbaren Hohlraumes zur Verminderung möglicher Auf- und Umlöseprozesse.
 - Verminderung der Auflösung leicht löslicher Kalisalzvorkommen.

Das Verfüllen der Hohlräume wird in der Prinzipische Skizze (Abb. oben links) dargestellt.



Schematische Darstellung eines Abdichtungssegmentes

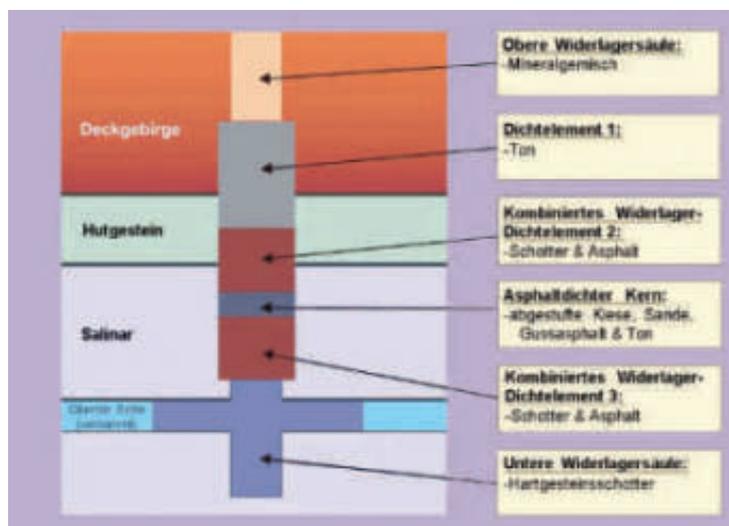
2. Abdichtung von Einlagerungsbereichen in Zugangsstrecken gegen Zutritte von Lösungen aus den Restgruben Bartensleben und Marie zu den Abfällen und den Austritt von kontaminierten Bestandteilen aus den Einlagerungsbereichen in der Nachbetriebsphase.

Die Abbildung oben rechts zeigt den schematischen Aufbau eines Abdichtungssegmentes. Es können mehrere Segmente hintereinander erstellt werden. Insgesamt ist der Bau von ca. 20 Abdichtungen im Endlager vorgesehen.

3. Verschluss und Abdichtung der Schächte, um zum einen Senkungen in diesem Bereich als auch Lösungszutritte und Schadstoffaustritte in der Nachbetriebsphase langfristig zu verhindern.

In der Abbildung unten wird der prinzipielle Aufbau des Schachtverschlusssystems dargestellt.

Im Zuge der Stilllegungsmaßnahmen sollen ca. 4,0 Mio. m³ Salzbeton über Rohrleitungen in Grubenhohlräumen des ERAM verpumpt werden. Auf der Grundlage umfangreicher Untersuchungen wird nachgewiesen, dass unter Berücksichtigung der



Schachtverschlusssystem (Prinzipische Skizze)

standortspezifischen Bedingungen auch unter langzeitsicherheitlichen Betrachtungen die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt gering bleiben und die Schutzziele eingehalten werden.

Entsprechend den Vorgaben des Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetzes (UVPG) wurden in einer Umweltverträglichkeitsstudie die Auswirkungen der Stilllegung auf Menschen, Tiere und Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft sowie Kultur- und sonstige Sachgüter (einschl. Wechselwirkungen) ermittelt und beschrieben. Im Landschaftspflegerischen Begleitplan (LBP) werden die Auswirkungen bewertet und Vorschläge zum Ausgleich unterbreitet.

Die Stilllegungsmaßnahmen werden nach dem Vorliegen des vollziehbaren Planfeststellungsbeschlusses mit den über- und untertägigen Infrastrukturmaßnahmen beginnen und voraussichtlich ca. 15 Jahre dauern.

Nach Abschluss der Stilllegungsmaßnahmen wird die Tagesoberfläche nach den Vorschriften des Bundesberggesetzes (BBergG) wieder nutzbar gemacht (Rekultivierungsbetriebsplan).

Die bei der zuständigen Planfeststellungsbehörde, dem Umweltministerium Sachsen-Anhalt, eingereichten Unterlagen geben einen Überblick über die im Zuge der Planungen zur Stilllegung des ERAM erfolgten Untersuchungen und deren Ergebnisse. Sie sollen im Zuge des Öffentlichkeitsbeteiligungsverfahrens umfassend informieren, die Grundlagen des Vorhabens darstellen und Dritten insbesondere die Beurteilung ermöglichen, ob sie durch die mit der Stilllegung verbundenen Auswirkungen in ihren Rechten verletzt sein können.

Die atomrechtliche Genehmigungsbehörde des Landes Sachsen-Anhalt wird die vom BfS eingereichten Unterlagen hinsichtlich der Auslegungsreife für das Öffentlichkeitsbeteiligungsverfahren prüfen und bewerten.

Das ERAM ist weltweit das erste Endlager für radioaktive Abfälle in tiefen geologischen Schichten, das nach einem atomrechtlichen Planfeststellungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung planmäßig stillgelegt werden soll.

Seit dem 8. Oktober 2003 werden ausgewählte Teile des Grubengebäudes der Grube Bartensleben, in denen keine radioaktiven Abfälle lagern, im Rahmen bergbaulicher Gefahrenabwehrmaßnahmen mit Salzbeton verfüllt. Die Verfüllung im bergmännisch stark durchbauten Zentralteil der Grube Bartensleben dient dazu, langfristig die Standsicherheit und Integrität des Grubengebäudes zu gewährleisten. Es ist vorgesehen, 22 Grubenbaue im Zentralteil der

Schachtanlage Bartensleben mit insgesamt ca. 700.000 m³ Salzbeton weitgehend zu verfüllen. Hierzu wird aus Steinsalz und Bindemitteln ein Salzbeton angemischt, der durch eine Rohrleitung von über Tage bis in die untertägigen Hohlräume gepumpt wird. Bis Ende 2005 wurden rund 190.000 m³ in sieben Abbaue auf den Sohlen 1, 2, 3a und 3 verpumpt.

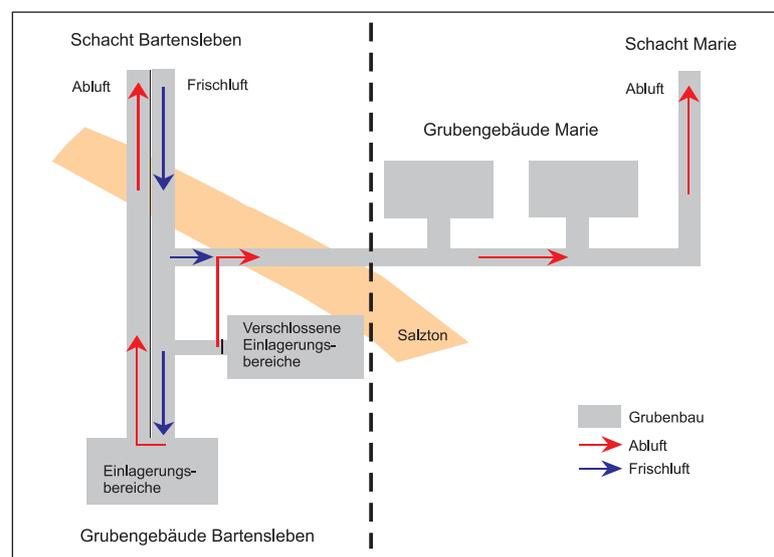
Berücksichtigung von Strahlenexpositionen aus natürlichen Strahlungsquellen beim ERAM

Ansprechpartnerin:

Christiane Wittwer (0 18 88/3 33-19 36)

Im Rahmen der Arbeiten für das Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM werden Sicherheitsanalysen zum Stilllegungsbetrieb (nach Planfeststellungsbeschluss zur Stilllegung des ERAM bis zum Verschluss des Endlagers) und zur Nachbetriebsphase im Hinblick auf die eventuellen radiologischen Auswirkungen unter Beachtung der Schutzziele des Atomgesetzes und der Strahlenschutzverordnung durchgeführt. Unter Strahlenschutzaspekten ist für den Stilllegungsbetrieb insbesondere die mögliche Strahlenexposition durch flüchtige Radionuklide, die in geringen Mengen aus den Abfällen in die Grubenluft freigesetzt werden, für die Beschäftigten und in der Umgebung zu bewerten.

Zu Beginn des Stilllegungsbetriebes werden die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe aus den im ERAM eingelagerten Abfällen und die dadurch bedingte Strahlenexposition in der Umgebung mit der des derzeitigen Betriebs vergleichbar sein und mit fortschreitender Verfüllung der Grubenhohlräume geringer werden. Betriebsbegleitend durchgeführte Maßnahmen wie das Verfüllen der Resthohlräume



Belüftungsschema der Grubengebäude Bartensleben und Marie

	Schacht Marie	Schacht Bartensleben
Radon-222-Aktivitätsfluss gesamt (Obergrenze)	3,3 10 ¹⁰ Bq/a	2,2 10 ¹⁰ Bq/a
Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Zuluft		11,3 ± 0,9 Bq/m ³
Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Abluft	49,5 ± 3,5 Bq/m ³	24,0 ± 0,8 Bq/m ³
Abschätzung des Radonflusses in der Abluft (Anteile am Gesamtfluss):		
Anteil aus den Einlagerungsbereichen (Obergrenze)	4 %	31 %
Anteil in der Zuluft	23 %	47 %
Anteil sonstiger Radonquellen Bartensleben	14 %	22 %
Anteil sonstiger Radonquellen Marie	59 %	

Radon-222-Ableitung und Radon-222-Aktivitätsfluss (basierend auf Messungen von 10/1999 bis 01/2002)

in den Einlagerungshohlräumen und/oder der Abschluss der befüllten Einlagerungshohlräume durch Mauern und Verschlüsse haben bereits dazu geführt, dass die Freisetzung flüchtiger radioaktiver Stoffe aus den Abfällen in die Grubenluft und damit die Ableitung in die Umgebung gering ist. Die ermittelten Strahlenexpositionen liegen deutlich unterhalb der Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung zum Schutz von Beschäftigten, Bevölkerung und Umwelt bei Strahlenexpositionen in Folge des Endlagerbetriebs.

In der Abbildung auf Seite 48 ist das Belüftungsschema der Grubengebäude Bartensleben und Marie dargestellt.

Untertägige Bergwerke sind Arbeitsfelder, bei denen erhöhte Strahlenbelastungen durch Radon 222 auftreten können. Radon 222 entsteht aus Radium 226 in der natürlichen Zerfallsreihe des Uran 238. Es ist ein radioaktives Edelgas mit einer Halbwertszeit von ca. 3,8 Tagen. Durch Radon 222 und insbesondere seine an Staubpartikeln anhaftenden, radioaktiven Zerfallsprodukte in der Atemluft werden durch das Einatmen der Radionuklide und deren Verbleib im Körper Strahlenbelastungen verursacht.

Die im ERAM eingelagerten Abfälle enthalten die Radionuklide, aus denen beim Zerfall Radon 222 entsteht, nur in geringer Aktivität. Eine Freisetzung von Radon 222 aus den Einlagerungshohlräumen tritt zudem nur noch in geringem Umfang auf, da die Abfälle zum größten Teil versetzt sind und das in den Einlagerungshohlräumen entstehende Radon aufgrund der langen Transportzeit durch das Verfüllmaterial bzw. die Abmauerungen weitgehend zerfallen ist, bevor es in die Grubenluft gelangt. Um die gemessene Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Grubenluft zu erklären, wurde im ERAM eine mehrjährige Messkampagne durchgeführt und untersucht, an welchen Orten im Grubengebäude das Radon 222 entsteht und auf welchen Wegen es mit der Grubenluft transportiert und in die Umgebung abgeleitet wird (Radonaktivitätsfluss). Die Abschätzung des Ra-

donaktivitätsflusses, bezogen auf die Ableitungswege über Schacht Marie und Schacht Bartensleben, ist in der Tabelle oben dargestellt.

Weiterhin wurden der Radium-226-Gehalt und die Radon-222-Exhalationsrate (Freisetzungsrate) verschiedener im ERAM vorhandener Materialien ermittelt. Für den natürlich vorkommenden Salztön und das Verfüllmaterial Salzbeton wurden eigene Messungen durchgeführt und mit Standardwerten für Ziegel, Gasbeton und Beton aus der Literatur verglichen. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Material	Radium 226 Aktivitätskonzentration in Bq/kg	Radon 222 Exhalationsrate in Bq/(h m ²)
Steinsalz	< NWG	-
Anhydrit	< NWG	-
Salztön, trocken	85 - 150	20,0 - 30,0
Ziegel	10 - 20	0,2 - 0,5
Gasbeton	7 - 20	0,5 - 1,5
Beton	7 - 20	0,7 - 2,0
Salzbeton, feucht	25 - 40	0,1 - 0,5
Salzbeton, trocken	30 - 50	1,0 - 12,0

Ra-226-Aktivitätskonzentration und Rn-222-Exhalationsrate (Freisetzungsrate) verschiedener Materialien im ERAM (angegeben sind die Bandbreiten der Messwerte)

Hauptsächliche Quellen für Radon 222 im ERAM sind Teile des durch bergmännische Arbeiten aufgeschlossenen Gesteins (Salztönschichten), Betoneinbauten und Verfüllmaterialien.

Die für das Betriebspersonal ermittelte, radonbedingte Dosis, hervorgerufen durch mit der Atemluft aufgenommene Radionuklide (Inhalationsdosis), ist sehr gering. Sie entspricht einer Inhalationsdosis, die auch außerhalb der Anlage, z. B. während des Aufenthaltes in geschlossenen Räumen, auftreten kann.

Der größte Teil (über 75 %) des in die Umwelt abgegebenen Radons stammt aus dem konventionellen Bergwerksbetrieb und nicht aus den Abfällen. Bei der Ermittlung der Strahlenexposition in der Umgebung durch Ableitungen radioaktiver Stoffe aus dem ERAM ist Radon, das nachweislich nicht aus den Abfällen stammt, nicht zu berücksichtigen.

Nach Durchführung aller Stilllegungsmaßnahmen werden die im ERAM eingelagerten radioaktiven Abfälle gegenüber der Biosphäre abgedichtet sein. Es kann jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass in geologischen Zeiträumen Radionuklide aus den Abfällen und auch aus dem Verfüllmaterial in die Biosphäre gelangen. Durch Langzeitsicherheitsanalysen ist nachzuweisen, dass durch die Stilllegungsmaßnahmen unzulässige Auswirkungen durch Freisetzungen von Radionukliden oder chemischen Schadstoffen aus den Abfällen und dem Salzbeton verhindert werden. In diese Analysen werden auch Abschätzungen zu Radionukliden und chemischen Schadstoffen vorgenommen, die sich im eingebrachten Salzbeton befinden. Insbesondere in den Komponenten Filterasche und Zement des Verfüllmaterials sind natürliche Radionuklide der Zerfallsreihen Uran 238 und Thorium 232 enthalten. Aufgrund der gleichen Mechanismen, die zu einer Freisetzung von Radionukliden aus den eingelagerten Abfällen in der Nachbetriebsphase führen, können auch solche Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen aus dem Versatzmaterial in die Biosphäre eintreten.

Die im Salzbeton enthaltenen Komponenten Portlandzement und Steinkohlenflugasche sind zugelassene Baustoffe, die im konventionellen Anwendungsbereich wie z. B. Hoch- und Tiefbau sowie im konventionellen Bergbau keiner Überwachung bedürfen. Der Zuschlagstoff Steinsalzgrus entspricht im Wesentlichen dem mineralogischen Stoffbestand des umgebenden Gesteins.

Der Salzbeton ist grundsätzlich kein nach der Strahlenschutzverordnung überwachungsbedürftiger Rückstand. Eine dennoch durchgeführte Untersuchung macht deutlich, dass die in der Strahlenschutzverordnung vorgesehene Überwachungsgrenze für Rückstände von 0,2 Bq/g für Aktivitätskonzentrationen jedes Radionuklids der Zerfallsreihen Uran 238 und Thorium 232 deutlich unterschritten wird.

Aus fachlicher und rechtlicher Sicht sind die Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen im Verfüllmaterial im Rahmen der radiologischen Langzeitsicherheitsanalyse nicht zu berücksichtigen. Dennoch durchgeführte Abschätzungen zeigen, dass selbst bei sehr konservativen Annahmen für die Mobilisierung von Radionukliden aus dem Salzbeton und deren Transport aus der Grube durch die darüber liegenden Gesteinsschichten in das Grundwasser die natür-

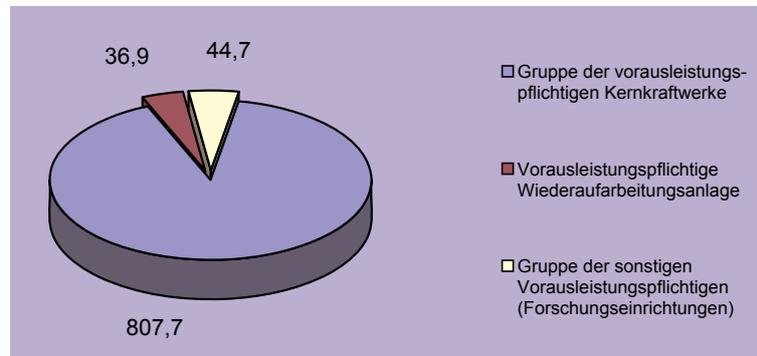
liche Schwankungsbreite der Urankonzentration in den Grundwässern Sachsen-Anhalts deutlich größer ist als der mögliche berechnete zusätzliche Beitrag aus dem Salzbeton im ERAM. Eine signifikante Erhöhung der Konzentration dieser Radionuklide im standortnahen Grundwasserleiter ist daher ausgeschlossen.

Finanzierung der Endlagerung

Ansprechpartner: Walter Beisert (0 18 88/3 33-12 43)

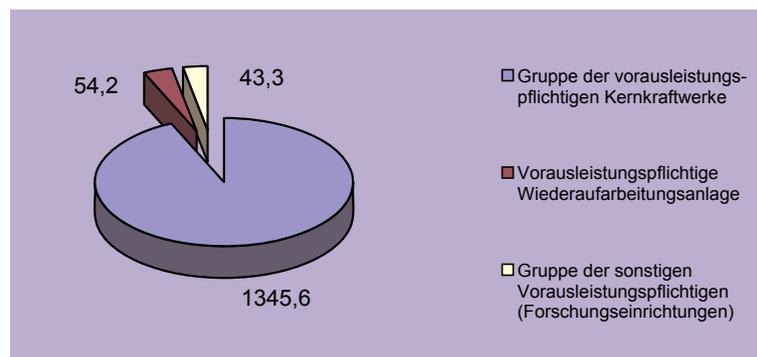
Nach § 9a Abs. 3 des Gesetzes über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) hat der Bund Anlagen zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle einzurichten.

Die Untersuchung der Schachtanlage Konrad als mögliches Endlager für radioaktive Abfälle geht zurück auf eine Entscheidung der Bundesregierung aus dem Jahre 1975. Aufgrund dieser Entscheidung wurde das ehemalige Eisenerzbergwerk Konrad in Salzgitter auf seine grundsätzliche geologische Eignung zur Endlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung untersucht. Seit Untersuchungsbeginn 1977 sind hierfür bis Ende 2005 für das geplante Endlager Konrad Gesamtprojektkosten in Höhe von rd. 890 Mio. Euro angefallen (Abb. rechts oben).



Bisheriger Anteil der Zahlungen für das Projekt Konrad in Mio. Euro

Der Salzstock Gorleben wird seit 1979 daraufhin untersucht, ob er als Endlager für alle Arten radioaktiver Abfälle, insbesondere für hochradioaktive wär-



Bisheriger Anteil der Zahlungen für das Projekt Gorleben in Mio. Euro

meentwickelnde Abfälle, geeignet ist. Für dieses Projekt sind in der Zeit von 1977 bis Ende 2005 Gesamtkosten in Höhe von rd. 1,44 Mrd. Euro entstanden (Abb. auf Seite 50 rechts unten).

Die o. a. Kosten stellen nach den Vorschriften der Endlagervorausleistungsverordnung den so genannten „notwendigen Aufwand“ dar, den das BfS den Abfallverursachern in Rechnung stellt. Abfallverursacher sind Betreiber von Wiederaufarbeitungsanlagen, Kernkraftwerken, Anlagen zur Brennelementherstellung sowie einige Großforschungseinrichtungen.

Der notwendige Aufwand wurde bis 2003 für die o. a. Endlagerprojekte im gleichen Verhältnis nach Ablauf eines Jahres abgerechnet und den Vorausleistungspflichtigen im Folgejahr in Rechnung gestellt. Mehrere Vorausleistungspflichtige haben gegen die vom BfS erteilten Bescheide Widerspruch eingelegt und Klage erhoben.

Zur Verfahrensvereinfachung einigte man sich auf die Durchführung nur eines Klageverfahrens. In diesem als Musterprozess geführten Verfahren erklärte das Verwaltungsgericht (VG) Braunschweig 1994 die Endlagervorausleistungsverordnung aus dem Jahre 1982 für nichtig und stellte fest, dass alle bisherigen Bescheide des BfS, gegen die Widerspruch eingelegt worden ist, aufzuheben sind. Das VG Braunschweig beanstandete, dass bei Anwendung des damals vorgegebenen Verteilungsschlüssels der Aufwand für die Projekte Konrad und Gorleben einheitlich ermittelt und verteilt worden ist, obwohl je nach Art und

Umfang des Abfallaufkommens bei den einzelnen Vorausleistungspflichtigen hätte differenziert werden müssen. Gegen diese Entscheidung hat der Bund Berufung vor dem Niedersächsischen Obergericht (OVG) Lüneburg eingelegt. Im Hinblick darauf, dass der Bund nach der Entscheidung des VG Braunschweig erklärt hatte, die Endlagervorausleistungsverordnung unter Berücksichtigung der Kritikpunkte novellieren zu wollen, wurde gegenüber dem OVG Lüneburg das Ruhen des Verfahrens erklärt. Über die Erledigung des Rechtsstreites aufgrund der novellierten EndlagerVIV wird derzeit verhandelt.

Mit In-Kraft-Treten der Dritten Verordnung zur Änderung der Endlagervorausleistungsverordnung am 1. Februar 2004 wird der notwendige Aufwand nunmehr einzeln für jede Anlage nach den tatsächlich entstandenen Kosten und dem neuen Verteilungsschlüssel ermittelt und über Abschlagszahlungen zeitnah erhoben.

Aufgrund der Rückwirkung der novellierten Endlagervorausleistungsverordnung wurden die bisher erhobenen Vorausleistungen vom Bemessungszeitraum 1977 bis einschließlich zum Bemessungszeitraum 2002 neu berechnet. Bei der rückwirkenden Neuverteilung des notwendigen Aufwandes ergaben sich Verschiebungen, die zu Nachzahlungen bzw. Erstattungen für einzelne Vorausleistungspflichtige führten. Danach haben Großforschungseinrichtungen rd. 214,7 Mio. Euro innerhalb von fünf Jahren zu erstatten.

DER UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES BUNDESUMWELTMINISTERIUMS FÜR MEHR SICHERHEIT UND STRAHLENSCHUTZ

Ansprechpartner:

Heinz-Peter Berg (0 18 88/3 33-15 01)

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

Das BfS unterstützt das BMU fachlich und wissenschaftlich auf den Gebieten des Strahlenschutzes und der kerntechnischen Sicherheit. Das BfS ist – neben der administrativen Abwicklung des UFOPlans – insbesondere für die Initiierung, fachliche Begleitung und Auswertung einzelner Untersuchungsvorhaben verantwortlich. Weiterhin unterstützt es das BMU während der Planungs- und Ausführungsphase des UFOPlans.

Im Jahr 2005 wurden etwa 130 Untersuchungsvorhaben fachlich und etwa 200 Vorhaben verwaltungsmäßig durch das BfS betreut. Insgesamt standen dem BfS im Jahr 2005 für die BMU-Ressortforschung 8,4 Millionen Euro für den Strahlenschutz und 20,4 Millionen Euro für die kerntechnische Sicherheit zur Verfügung.

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

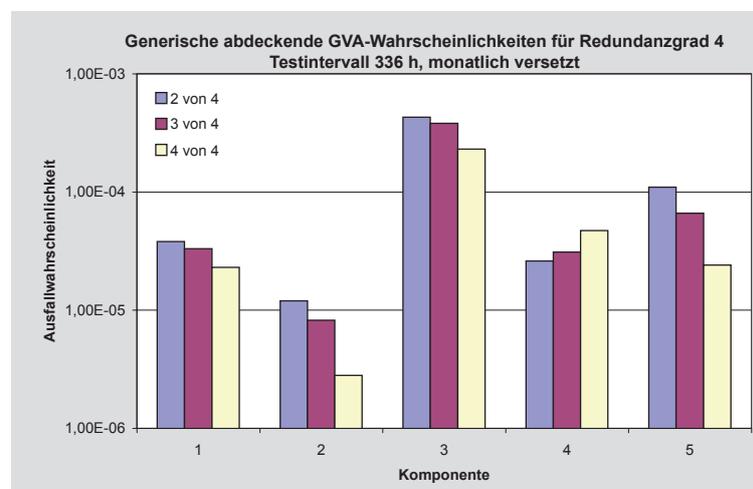
Strahlenschutz“ auf der BMU-Homepage eingestellt. Die Ergebnisberichte sind unter www.bmu.bund.de/strahlenschutz/schriftenreihe_reaktorsicherheit_strahlenschutz/doc/20112.php auf der BMU-Homepage zu finden.

Nachstehend werden Zielsetzung, Vorgehensweise und Gegenstand anhand konkreter Beispiele von Vorhaben aus dem UFOPlan verdeutlicht.

RISIKOBESTIMMENDE AUSFALLWAHRSCHEINLICHKEITEN VON KOMPONENTEN IN KERNKRAFTWERKEN

Ansprechpartner: Rudolf Görtz (0 18 88/3 33-15 40)

Ergebnisbestimmend im Rahmen von Risikoanalysen sind für deutsche Kernkraftwerke auf Grund des hohen Redundanzgrades – d. h. des mehrfachen Vorhandenseins sicherheitstechnisch wichtiger Komponenten – die so genannten gemeinsam verursachten Ausfälle (GVA), bei denen mehrere redundante Komponenten aufgrund einer einzigen Ursache, z. B. eines Wartungs- oder Bedienungsfehlers, ausfallen. Die GVA sind somit entscheidend dafür, mit welcher Wahrscheinlichkeit es zu einem schweren Unfall kommt. Die Wahrscheinlichkeit für derartige Ausfälle wird auf Ausfalldaten aus der Betriebserfahrung zurückgeführt, d. h. dass man verfolgen muss, wie lange bestimmte Gruppen mehrfach vorhandener Komponenten in Betrieb waren und wie häufig es in



GVA-Ausfallwahrscheinlichkeiten für 5 Komponenten (Komponente 1: Absperrschieber, Ausfallart: öffnet nicht; Komponente 2: Absperrklappe, Ausfallart: öffnet nicht; Komponente 3: Regelventil, Ausfallart: regelt nicht; Komponente 4: Wärmetauscher, Ausfallart: keine Wärmeübertragung; Komponente 5: Dieselaggregat, Ausfallart: startet nicht)

diesem Zeitraum zu Ausfällen aufgrund einer gemeinsamen Ursache kam. Die Abbildung auf Seite 52 unten zeigt beispielhaft für 5 verschiedene Komponenten Werte für die GVA-Wahrscheinlichkeit, die im Auftrag des BfS neu – d. h. unter Berücksichtigung des aktuellen Standes der Betriebserfahrungen – berechnet wurden.

Die Umsetzung der Vorhabensergebnisse in behördliche Vorgaben erfolgte im Rahmen der Veröffentlichung von technischen Dokumenten für Sicherheitsüberprüfungen durch das BfS, auf die an anderer Stelle dieses Berichts eingegangen wird (s. Beitrag auf Seite 78).

INDIVIDUELLE RISIKOABSCHÄTZUNG FÜR STRAHLENEMPFLINDLICHKEIT

Ansprechpartnerin:

Maria Gomolka (0 18 88/3 33-22 11)

Entwicklung von Verfahren zur Erkennung individueller Strahlenempfindlichkeit

Strahlentherapeutische Erfahrungen haben gezeigt, dass bei Anwendung gleicher Strahlendosen verschiedene Patientinnen und Patienten unterschiedlich stark von Nebenwirkungen betroffen sind. Diese können zum Teil nur minimal ausgeprägt sein, aber unter Umständen auch schwere Spätschäden verursachen oder in sehr wenigen Fällen akut zum Tod führen. Schätzungsweise ca. 10 % – 30 % der Tumorpatienten, die strahlentherapeutisch behandelt werden, müssen mit zum Teil schwerwiegenden Nebenwirkungen rechnen. In Abhängigkeit von der Tumorklassifikation und damit dem Ort der Bestrahlung können verschiedenste Nebenwirkungen auftreten, z. B. bei Brusttumoren schwere Hautschädigungen (Nekrosen) oder bei Prostatakarzinomen Schädigungen der Schleimhautzellen des Darmtraktes, die zu lebensbedrohlichen Durchfällen führen können. Einige der besonders strahlenempfindlichen Patienten zeigen Veränderungen in Genen, die Schädigungen in der Erbsubstanz, der DNS (Desoxyribonukleinsäure), erkennen und Signale weiterleiten, um diese zu reparieren oder anschließend den Zelltod einzuleiten. Ein Ausfall der betroffenen Gene wird meist von schwerwiegenden Symptomen begleitet, wie im Fall der Ataxia teleangiectasia (AT). Wenn weder das väterliche noch das mütterliche Chromosom eine intakte Kopie des AT-Gens tragen, kommt es zu Ausfallerscheinungen. Diese äußern sich durch eine fortschreitende Schädigung des Kleinhirns in Koordinationsstörungen (Ataxien) und in erweiterten Blutgefäßen (Teleangiectasien). Der Patient neigt vermehrt zu verschiedenen Formen von Blutkrebs (Leukämien

und Lymphome). Grund für dieses Krankheitsbild ist eine gestörte Genreparatur. Bei einer anschließenden Strahlentherapie mit der dafür üblichen Dosisplanung reagieren diese Patienten hoch empfindlich auf die Strahlenbelastung und versterben zum Teil noch während der Strahlentherapie. Nach jüngsten Erkenntnissen erhöht dieser Gendefekt auch das Brustkrebsrisiko. Beim überwiegenden Teil der klinisch strahlenempfindlichen Patienten ist allerdings nicht bekannt, welche genetischen Veränderungen die überschießenden Reaktionen auf Strahlung auslösen.

Das Wissen um eine erbliche Vorbelastung (genetische Prädisposition) gegenüber ionisierender Strahlung ermöglicht eine individuelle Risikoeinschätzung. Dies ist im Hinblick auf die Teilnahme an strahlendiagnostischen Vorsorgeuntersuchungen wie z. B. der Mammographie für jeden Einzelnen von Bedeutung, könnte aber auch Einfluss haben auf die Berufswahl oder auf den Umgang mit natürlicher radioaktiver Belastung, z. B. durch Radon in Wohnhäusern. Die Abschätzung der Strahlenempfindlichkeit spielt daher nicht nur eine wichtige Rolle bei einer auf die jeweilige Person abgestimmten verträglichen Strahlentherapie, sondern auch bei der individualisierten medizinischen Vorsorge und beim optimierten Strahlenschutz.

Das Bundesamt für Strahlenschutz initiierte zur Klärung der vielfach noch offenen Fragen im Jahr 2000 eine molekular-epidemiologische Studie an strahlentherapierten Krebspatienten, die vom "Deutschen Krebsforschungszentrum" (DKFZ) in Heidelberg durchgeführt und im Dezember 2005 abgeschlossen wurde. Untersucht wurden in dieser großangelegten Studie 400 Prostatakarzinompatienten. Von den Studienteilnehmern werden Patientendaten gesammelt und mit Ergebnissen aus biologischen Experimenten verglichen. Der Einfluss des individuellen Reparaturvermögens bei einer Schädigung des Erbgutes, der Desoxyribonukleinsäure (DNS), auf das strahlenbedingte Risiko, während der Strahlentherapie schwerwiegende Nebenwirkungen zu entwickeln, wird auf diese Weise systematisch überprüft. Eine spezielle Technik zum Nachweis von DNS-Schäden, der alkaline Comet-Assay, wird benutzt, um die DNS-Reparaturkapazität in den Blutzellen dieser Patienten zu erfassen (Abb. auf Seite 54).

Bei jedem Patienten werden erbliche Veränderungen der DNS in 10 ausgewählten Genen untersucht. Außerdem wird die individuelle Ausprägung (Expression der Genprodukte) von 130 Reparaturgenen erfasst. Ziel ist es, die molekularen Ursachen einer veränderten DNS-Reparaturkapazität und Risikofaktoren für die Entstehung der Strahlenempfindlichkeit systematisch zu erfassen.

ERFASSUNG DER HÄUFIGKEIT BILD GEBENDER DIAGNOSTIK IN DER MEDIZIN

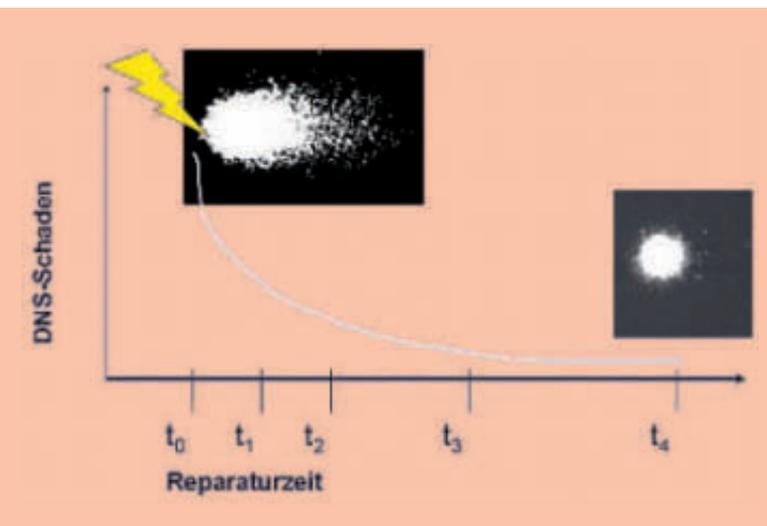
Ansprechpartnerin:

Elke Nekolla (0 18 88/3 33-23 27)

Die zivilisatorisch bedingte Strahlenexposition der Bevölkerung in Deutschland resultiert in der Hauptsache aus medizinischen Strahlenanwendungen, insbesondere röntgendiagnostischen Maßnahmen. Es ist allgemein üblich, bei Strahlenrisikoschätzungen davon auszugehen, dass auch kleine Strahlendosen mit einer geringen Erhöhung des Krebsrisikos verbunden sein können, d. h. potenziell ist mit jeder strahlenmedizinischen Untersuchung ein gewisses zusätzliches strahlenbedingtes Risiko für eine spätere Krebserkrankung verbunden. Eine eingehende Nutzen-Risiko-Abwägung des behandelnden Arztes (so genannte „rechtfertigende Indikation“) vor jeder Anwendung einer strahlendiagnostischen Maßnahme ist daher von zentraler Bedeutung. Die sorgfältige Feststellung der rechtfertigenden Indikation durch den Arzt vorausgesetzt, überwiegt für den Einzelnen der Nutzen der radiologischen Untersuchung gegenüber dem Strahlenrisiko. Im Bewusstsein des strahlenbedingten Risikos hat es die Europäische Union in der Richtlinie 97/43 Euratom (Patientenschutzrichtlinie) des Rates den Mitgliedsstaaten zur Pflicht gemacht, die medizinische Strahlenexposition der Bevölkerung und einzelner Bevölkerungsgruppen zu erfassen. Nach Röntgenverordnung ist dies eine Aufgabe des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Hauptquelle der Daten zur Häufigkeit strahlendiagnostischer Maßnahmen, beispielsweise von Röntgenuntersuchungen, sind die Kostenträger wie die kassenärztlichen und kassenzahnärztlichen Bundesvereinigungen sowie der Verband der privaten Krankenversicherungen. Damit wird eine solide Datenbasis für den ambulanten Bereich sichergestellt. Für den stationären Bereich mussten bislang die Daten mit Hilfe von Hochrechnungen abgeschätzt werden.

Die wesentliche Zielsetzung des oben genannten Forschungsvorhabens war es daher, für den Krankenhausbereich die Datenlage zu verbessern und insbesondere auch eine verlässliche Ausgangsbasis für Abschätzungen in den kommenden Jahren zu erhalten. Zum einen sollte auf der Basis einer repräsentativen Stichprobe die Häufigkeit bildgebender Verfahren (Röntgendiagnostik, Ultraschall diagnostik, Endoskopie und Kernspintomographie) nach Untersuchungsarten und Körperregionen bei stationären Patienten in Deutschland für das Jahr 2002 erfasst werden. Zum anderen sollten die erfassten Leistungen auch nach Alter und Geschlecht der Patienten differenziert werden.



Erfassung des DNS-Reparaturvermögens mit dem Comet-Assay.

Akut durch Strahlung geschädigte Zellen sehen aus wie Kometen. Gibt man der Zelle Zeit (t), den Schaden zu reparieren, werden die DNS-Brüche wieder zusammengefügt, der Kometenschweif verschwindet und man beobachtet wieder einen runden Zellkern.

Erste Auswertungen in einer Gruppe von 59 Patienten zeigen

- Auffälligkeiten in verschiedenen Parametern des Comet-Assays bei strahlenempfindlichen Patienten und
- eine Übereinstimmung dieser Auffälligkeiten mit dem Schweregrad der Strahlenreaktion.

Diese Zwischenergebnisse sind aufgrund der geringen Fallzahl statistisch noch nicht signifikant und werden zurzeit im Gesamtkollektiv überprüft.

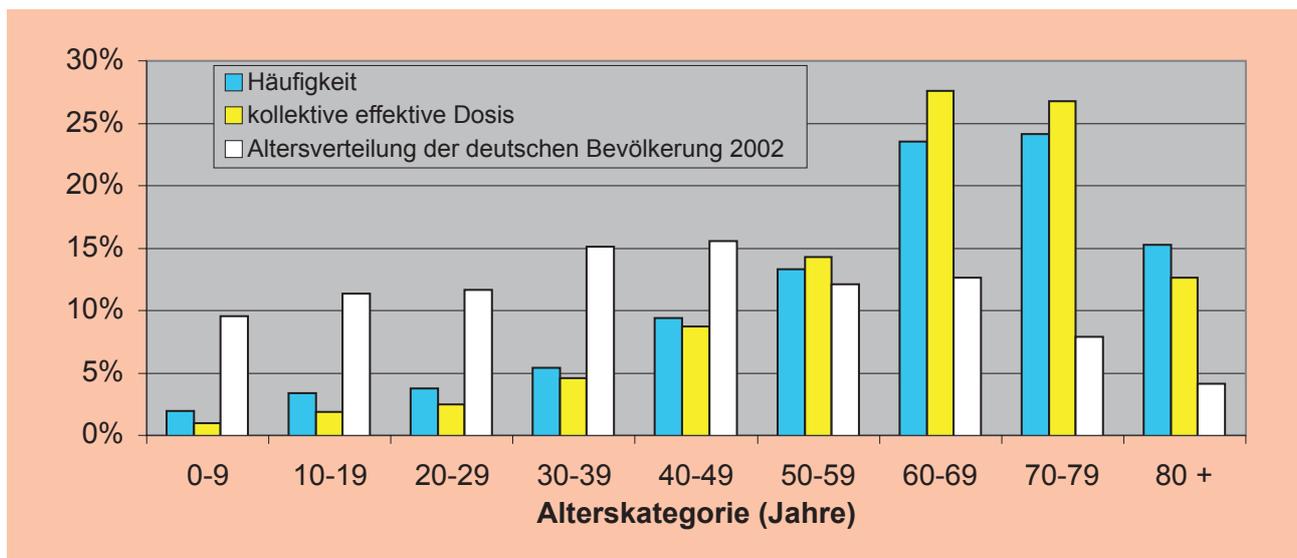
Falls sich die jetzt ansatzweise vorliegenden Forschungsergebnisse bestätigen, können Risikopatienten in Zukunft vor Beginn der Strahlentherapie ermittelt und das individuelle Risiko im medizinischen Strahlenschutz berücksichtigt werden. Die Kenntnis über die Strahlenempfindlichkeit einer Person ermöglicht damit die Abstimmung der Tumorthherapie auf die einzelne Person, aber auch individualisierte Empfehlungen für Krebsvorsorgemaßnahmen, z. B. für nachgewiesenen strahlenempfindliche Personen zur Einschränkung oder Unterlassung von Vorsorgeuntersuchungen mittels röntgendiagnostischer Methoden.

In allen stationären Einrichtungen wurden im Jahre 2002 rund 57 Millionen Leistungen der Bildgebenden Diagnostik erbracht. Dabei lag der Anteil der röntgendiagnostischen Leistungen bei 62 % (insgesamt etwa 35 Millionen Leistungen), der Anteil der Magnetresonanztomographie bei 3 %, der Anteil der Ultraschalldiagnostik bei 29 % und der Anteil der endoskopischen Untersuchungsverfahren bei 6 %. In allgemeinen Krankenhäusern wurden im Jahre 2002 durchschnittlich etwa 1,7 Röntgenuntersuchungen pro stationär versorgtem Patienten durchgeführt. In den anderen stationären Einrichtungen, z. B. den Vorsorge- und Rehabilitationseinrichtungen, kamen etwa 0,4 Röntgenuntersuchungen auf einen Patienten.

Von großem Interesse war die Differenzierung der Daten im Krankenhausbereich nach dem Alter. Angaben zur Altersverteilung von Personen, bei denen strahlendiagnostische Untersuchungen durchgeführt werden, sind über die Krankenkassen bislang nicht zu erhalten. Die Kenntnis der Altersverteilung ist jedoch wichtig, wenn Daten zur medizinischen Strahlenexposition bewertet werden sollen. Denn bei Patientinnen und Patienten handelt es sich häufig um ältere Personen, für die die Wahrscheinlichkeit

einer strahlenbedingten Krebserkrankung deutlich geringer ist als für jüngere Personen. Die Abbildung unten zeigt, wie sich die Häufigkeit und die kollektive effektive Dosis von Röntgenuntersuchungen auf die einzelnen Alterskategorien von stationären Patientinnen und Patienten im Jahre 2002 verteilen. Zum Vergleich ist auch die Altersverteilung der deutschen Bevölkerung dargestellt. Mehr als 60 % der Röntgenaufnahmen im Krankenhausbereich werden bei Patientinnen und Patienten durchgeführt, die 60 Jahre oder älter sind. Lediglich 5 % der Röntgenuntersuchungen betreffen Kinder und Jugendliche unter 20 Jahren. Wird die Verteilung der kollektiven effektiven Dosis betrachtet, so wird deutlich, dass dosisintensivere Untersuchungsverfahren wie die Computertomographie oder Untersuchungen des Herzens oder der Blutgefäße vor allem im höheren Alter durchgeführt werden. In jungen Jahren überwiegen Röntgenuntersuchungen des Skelettsystems.

Die im Rahmen des Forschungsvorhabens ermittelten Daten sind in die aktuellste Erhebung des BfS zur medizinischen Strahlenexposition der Bevölkerung durch diagnostische Maßnahmen für die Jahre 1996 bis 2003 eingeflossen.



Verteilung von Häufigkeit (blaue Balken) und kollektiver effektiver Dosis (gelbe Balken) von Röntgenaufnahmen in Abhängigkeit vom Patientenalter im stationären Bereich im Jahre 2002. Zum Vergleich ist die Altersverteilung der deutschen Bevölkerung angegeben (weiße Balken).

AUSGEWÄHLTE EINZELTHEMEN

MASSNAHMEN ZUR FORTENTWICKLUNG DES PRAKTISCHEN STRAHLENSCHUTZES

Ansprechpartner:

Wolfgang Weiss (0 18 88/3 33-21 00)

Gerald Kirchner (0 18 88/3 33-41 00)

Als Ergebnis jahrzehntelanger Bemühungen der Wissenschaft, internationaler und nationaler Fachgremien und nicht zuletzt der politisch Verantwortlichen wurde in Deutschland ein fachlich fundiertes, einheitliches System des Strahlenschutzes etabliert, das den Schutz von Mensch und Umwelt vor den Gefahren ionisierender und nichtionisierender Strahlung mit hoher Zuverlässigkeit sicherstellt. Die Fortentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik sowie die gesellschaftlichen Veränderungen machen es aber erforderlich, die bestehenden Standardsetzungen und Regelungen in regelmäßigen Abständen einer Überprüfung zu unterziehen und bei Bedarf fortzuschreiben. Konkrete Beispiele hierfür waren im Jahr 2005 die gesetzlichen Regelungen zum Umgang mit hochaktiven radioaktiven Quellen sowie die Fertigstellung der Richtlinie zur Inkorporationsüberwachung.

Überprüfungen und Fortschreibungen der grundsätzlichen Regelungen des Strahlenschutzes werden im internationalen Rahmen derzeit von allen einschlägigen Organisationen mit Priorität durchgeführt. So werden von der Internationalen Strahlenschutz-Kommission (ICRP) neue Empfehlungen zum System des Strahlenschutzes vorbereitet, die im Wesentlichen auf eine Vereinfachung des bestehenden Systems und eine Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse abzielen. Die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEA) und die Europäische Union (EU) haben damit begonnen, ihre „Basic Safety Standards“ zu überprüfen. Diese werden dann in nationales Recht einfließen. Die Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) bereitet derzeit eine Neubewertung der Empfehlungen zu niederfrequenten Feldern vor.

Das BfS hat mit den im vergangenen Jahr erarbeiteten „Grundsätzen des Bundes für die weitere Entwicklung des Strahlenschutzes“ aus Sicht der ihm übertragenen Aufgaben eine umfassende Bestandsaufnahme der aktuellen Fragestellungen gemacht und seine jeweiligen Fachpositionen beschrieben und begründet. Dabei wurde auch der Diskussionsstand in den internationalen Fachgremien berücksichtigt. Die „Grundsätze“ wurden mit dem BMU diskutiert und

im Rahmen eines öffentlichen Konsultationsprozesses über Internet zur Diskussion gestellt. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, gingen zu allen Grundsätzen Kommentare ein, in den meisten Fällen mit kritisch konstruktivem Inhalt. Die meisten Kommentare betrafen erwartungsgemäß die Positionen zu den Grundprinzipien des Strahlenschutzes „Rechtfertigung, Dosisbegrenzung und Minimierung“, zu den übergreifenden Fragestellungen wie der „Anwendung risikobasierter Bewertungsverfahren“ und des Prinzips der „Vorsorge“ im Strahlenschutz sowie zum Radonrisiko, zur Freigabe sowie zur Frage der rechtlichen Regelung des gesamten nichtionisierenden Bereichs.

Die eingegangenen Kommentare wurden im Dezember 2005 im Rahmen eines ganztägigen öffentlichen Workshops mit Fachleuten diskutiert. Im Rahmen der Diskussion konnte eine Reihe grundsätzlicher Positionen pointierter und verständlicher herausgearbeitet werden. So wurde klargestellt, dass das Papier keinen rechtlich verbindlichen Charakter hat oder geltendes Recht ändert, sondern sich eindeutig innerhalb der Strahlenschutzverordnung und des Atomgesetzes bewegt. Das BfS beabsichtigt vielmehr, mit der Formulierung dieser Positionen zukünftige Entwicklungen mitzugestalten, die ggf. später in nationales Recht übernommen werden. In seiner endgültigen Fassung sollen die Grundsätze Grundlage für die Vertretung deutscher Positionen in internationalen Strahlenschutzgremien (im Wesentlichen IAEA sowie EU) sein. Außerdem konnte eine große Zahl fachlicher Fragestellungen weiter konkretisiert werden.

Es ist das Ziel des BfS, den begonnenen offenen Diskussionsprozess weiter zu führen. Naturgemäß muss dieser Prozess aber nicht zwangsläufig im Konsens mit allen Stakeholdern enden. Das BfS wird die Grundsätze im Lichte der Diskussion überarbeiten und die neue Version nach Abstimmung mit dem BMU wieder der öffentlichen Diskussion zugänglich machen. Unverändert bleibt es das Ziel des BfS, die Grundsätze so weit zu entwickeln, dass sie für zukünftige Diskussionen und Entwicklungen im Strahlenschutz sowohl national als auch international einen Orientierungs- und Handlungsrahmen darstellen können, der geeignet ist, die inhaltliche Arbeit von BMU und BfS bei der Fortentwicklung des Strahlenschutzes transparenter, fassbarer und zielgerichteter zu machen.

FRÜHERKENNUNG VON KRANKHEITEN MIT DER COMPUTERTOMOGRAPHIE

Ansprechpartner: Jürgen Griebel (0 18 88/3 33-23 20)
Elke Nekolla (0 18 88/3 33-23 27)

Aktuelle Gesundheitsstrategien zielen immer stärker auf Früherkennungsmaßnahmen ab. Ziel dieser Maßnahmen ist es, eine Erkrankung in einem möglichst frühen Stadium zu erkennen und die betroffene Person einer geeigneten und wirksamen Therapie zuzuführen. Hierbei kommt den bildgebenden Verfahren der radiologischen Diagnostik eine besondere Bedeutung zu. Während sich das Interesse bislang auf konventionelle Röntgenaufnahmen wie z. B. die Röntgen-Mammographie im Rahmen der Brustkrebs-Früherkennung konzentrierte, zeichnet sich der Trend ab, auch dosisintensivere Verfahren wie z. B. die Röntgen-Computertomographie (CT) einzusetzen. Hintergrund ist, dass moderne Mehr-Schicht-CT-Systeme (MS-CT) eine räumlich hochaufgelöste Darstellung großer Untersuchungsregionen innerhalb weniger Sekunden erlauben.

Als Früherkennungsmaßnahmen mittels MS-CT werden derzeit insbesondere folgende Untersuchungen diskutiert:

- Lungen-CT zur Früherkennung von Lungenkrebs (z. B. bei Rauchern und Asbestarbeitern);
- CT- Koronarkalkmessung (Messung von Kalkablagerungen in den Herzkranzgefäßen, wobei Koronarkalk als anerkannter Marker für Arteriosklerose gilt) sowie CT-Koronarangiographie (Darstellung der Herzkranzgefäße mittels CT) zur Früherkennung von verengten Herzkranzgefäßen;
- virtuelle CT-Koloskopie (CT des Bauchraumes zur dreidimensionalen Darstellung des Dickdarms) zur Früherkennung von Darmpolypen und Darmkrebs.

Rechtliche Grundlagen

Der Einsatz der Computertomographie im Bereich der Früherkennung ist nur vereinbar mit der Röntgenverordnung (RöV) im Falle

- einer „individuellen Früherkennungsmaßnahme“ auf der Basis einer individuell erstellten rechtfertigenden Indikation (§ 23 Abs. 1 RöV) oder
- eines strukturierten „Screening-Programms“, d. h. einer „freiwilligen Röntgenreihenuntersuchung zur Früherkennung von Krankheiten bei besonders betroffenen Personengruppen“ (§ 25 Abs. 1 RöV).

Die „individuelle Früherkennung“ bedarf zur Feststellung der so genannten „rechtfertigenden Indikation“ eines direkten Arzt-Kontaktes mit Anamneseerhe-

bung (med. Vorgeschichte) und ggf. körperlicher Untersuchung, Identifizierung von Risikofaktoren sowie der ausführlichen Aufklärung. Im Rahmen der rechtfertigenden Indikation erfolgt insbesondere eine individuelle Nutzen-Risiko-Abwägung durch den fachkundigen Arzt. Im Gegensatz hierzu stehen „strukturierte Screening-Programme“, bei denen der Arztkontakt – zumindest vor und während der Früherkennungsuntersuchung – stark in den Hintergrund tritt. Deswegen ist die Feststellung der rechtfertigenden Indikation in diesem Fall individuell nicht erforderlich. Sie wird durch eine Zulassung durch die zuständigen Obersten Landesgesundheitsbehörden ersetzt.

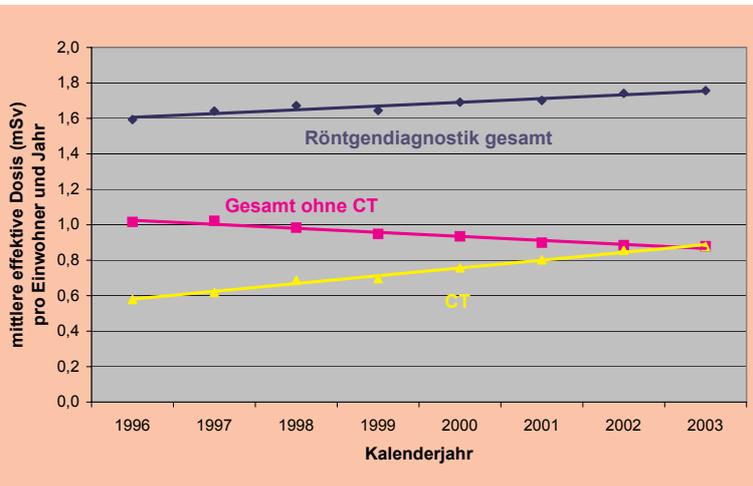
„Graues Screening“

Jenseits dieser beiden gesetzlich geregelten Bereiche ist ein Phänomen zu verzeichnen, das insbesondere in den Vereinigten Staaten bereits weit verbreitet ist, aber auch in Deutschland zunehmend häufiger beobachtet werden kann. Durch Werbemaßnahmen, z. B. entsprechende Internetpräsentationen, wird die CT als Früherkennungsmaßnahme oder „Gesundheits-Check-Up“ angepriesen. Eine besondere Brisanz erhält diese Entwicklung dadurch, dass sie von renommierten Medizintechnikfirmen, z. B. durch Informationsbroschüren für die Bevölkerung, aktiv gefordert wird. Um einen Verstoß gegen die RöV zu vermeiden, wird versucht, durch Hinweis auf weit verbreitete Risikofaktoren wie z. B. höheres Lebensalter, erhöhte Blutfettwerte, Bluthochdruck usw. eine rechtfertigende Indikation zu begründen. Dieses so genannte „graue Screening“ – gelegentlich auch als „Screening im Wellness-Bereich“ bezeichnet – bewegt sich in einem rechtlichen Graubereich zwischen den beiden oben genannten Früherkennungsmethoden. Da das graue Screening keiner adäquaten Qualitätskontrolle unterliegt, ist zu befürchten, dass die Strahlenrisiken sowie die unerwünschten Folgen einer unreflektierten Früherkennung zu wenig beachtet werden. Als unerwünschte Folge ist z. B. eine aufwändige und unter Umständen körperlich wie auch seelisch belastende Abklärungsdiagnostik zu nennen, die infolge der Screening-Untersuchung veranlasst wurde, jedoch den Anfangsverdacht nicht bestätigen kann (so genannter falsch-positiver Befund). Strahlenrisiken und unerwünschte Folgen von Screening-Untersuchungen sind nur durch anspruchsvolle Qualitätsstandards zu minimieren. Das graue Screening muss daher soweit wie möglich eingeschränkt werden.

Strahlenexposition durch Computertomographie

Die Anzahl von Röntgenuntersuchungen pro Einwohner ist im Zeitraum 1996 bis 2003 nahezu konstant geblieben. Im Gegensatz hierzu ist bei der mittleren effektiven Dosis pro Einwohner ein Anstieg von ca. 1,6 mSv im Jahr 1996 auf ca. 1,8 mSv im Jahr 2003 zu verzeichnen. Dieser Anstieg ist im Wesentlichen

auf die vermehrte Anwendung der Computertomographie zurückzuführen. Obgleich CT-Untersuchungen mit 6 % (im Jahre 2003) nur wenig zur Häufigkeit aller Röntgenuntersuchungen beigetragen haben, ist ihr Beitrag zur kollektiven effektiven Dosis beträchtlich. Im Jahre 2003 entfiel beinahe die Hälfte der kollektiven effektiven Dosis durch Röntgenuntersuchungen auf die Computertomographie (Abb. unten).



Mittlere effektive Dosis (mSv) pro Einwohner und Jahr in Deutschland für die Jahre 1996 bis 2003 (gelb: CT-bedingte effektive Dosis pro Einwohner)

Das BfS rechnet auch in den kommenden Jahren mit Steigerungsraten im Bereich der Computertomographie. Falls es in Zukunft verstärkt zum Einsatz der MS-CT als Früherkennungsmaßnahme kommt, dürfte die CT-Untersuchungshäufigkeit – und damit auch die durch CT-Untersuchungen verursachte kollektive Dosis – sogar noch deutlicher ansteigen.

Durch regelmäßige Früherkennungsmaßnahmen können die effektiven Dosen für Einzelpersonen und insbesondere die Organdosen beträchtliche Werte erreichen. Beispielsweise addieren sich für eine Koronarkalkmessung zwischen 50 und 70 Jahren in 4-jährigen Abständen, ergänzt durch eine CT-Koronarangiographie mit 58 Jahren, die Organdosiswerte für die Brust auf 175 mGy. Das Lebenszeitrisiko einer 50-jährigen Frau, im Laufe ihres weiteren Lebens an Brustkrebs zu erkranken, würde sich in diesem Fall von 8,1 % auf etwa 8,35 % erhöhen. Zum Vergleich: Nimmt eine Frau an dem organisierten Mammographie-Screeningprogramm teil, so beläuft sich die Organdosis für die Brust auf insgesamt etwa 40 mGy. Das Lebenszeitrisiko würde demnach von 8,1 % auf etwa 8,15 % ansteigen.

Medizinisch-wissenschaftliche Datenlage

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist die wissenschaftliche Datenlage hinsichtlich der MS-CT als Früherkennungsmaßnahme noch unbefriedigend, so dass keine belastbare Nutzen-Risiko-Abwägung möglich ist. Aus

Sicht des BfS lässt sich der medizinisch-wissenschaftliche Stand wie folgt zusammenfassen:

- (1) Für keine der o.g. Anwendungsbereiche liegt derzeit die medizinisch-wissenschaftliche Basis für den Einsatz der MS-CT als Früherkennungsmaßnahme im Rahmen eines „strukturierten Screening-Programms“ vor.
- (2) Demgegenüber besteht für die o.g. Erkrankungen die Notwendigkeit, Bedingungen für den Einsatz der MS-CT im Rahmen der „individuellen Früherkennung“ zu diskutieren und festzulegen.

So sind beispielsweise die Ein- und Ausschlusskriterien für die jeweilige Zielgruppe sowie die Einbettung der MS-CT-Untersuchung in die Abfolge anderer Früherkennungsmaßnahmen noch nicht ausreichend festgelegt. Weiterhin liegen für die derzeit diskutierten Einsatzbereiche der MS-CT noch keine etablierten Protokolle zu Durchführung und Befundung der Früherkennungsmaßnahmen und deren Qualitätssicherung vor. Darüber hinaus ist im Rahmen der individuellen Früherkennung die Selbstzuweisung kritisch zu diskutieren. Eine Selbstzuweisung liegt dann vor, wenn ein Arzt bei der Behandlung seines Patienten Röntgen-Untersuchungen veranlasst, die er selbst durchführt. Unreflektierte Selbstzuweisungen müssen unter allen Umständen vermieden werden.

- (3) Das „graue Screening“ mittels MS-CT ist medizinisch nicht gerechtfertigt und muss unter allen Umständen vermieden werden.

Diese Bewertung des BfS deckt sich mit den Ergebnissen eines Fachgesprächs, das das BfS zum Thema „MS-CT als Früherkennungsmaßnahme“ im Februar 2005 durchgeführt hat. Eingeladen waren Vertreter der betroffenen medizinischen Fachgesellschaften sowie Experten auf dem Gebiet der MS-CT-Gerätetechnik und der Epidemiologie.

Das BfS wird auch weiterhin die Entwicklung verfolgen und den angestoßenen Prozess begleiten. Im nächsten Schritt sollten im Dialog zwischen den betroffenen Fachgesellschaften die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten der MS-CT zur individuellen Früherkennung auf der Basis einer Nutzen-Risiko-Abwägung diskutiert werden. Wird dieser Abwägungsprozess zu Gunsten der individuellen Früherkennung mittels MS-CT entschieden, so muss sichergestellt werden, dass eindeutige Festlegungen hinsichtlich Durchführung, Befundung und Qualitätssicherung seitens der betroffenen Fachgesellschaften erfolgen, und zwar in Form von fachgesellschaftsübergreifend abgestimmten Leitlinien auf höchster Qualitätsstufe.

DIE STRAHLENBELASTUNG DES FLIEGENDEN PERSONALS

Ansprechpartner:

Gerhard Frasch (0 18 88/3 33-24 10)

Es gibt Arbeitsplätze, an denen das Vorhandensein natürlicher Strahlung als Begleiterscheinung des Arbeitslebens zu einer nennenswerten Strahlenbelastung führen kann. In der EU-Richtlinie 96/29 EURATOM wurde deshalb auch der Schutz vor einer erheblich erhöhten Exposition durch natürliche Strahlenquellen festgeschrieben. Dieser Schutz erstreckt sich auch auf jene Teile des fliegenden Personals, die einer erheblichen Exposition durch Höhenstrahlung ausgesetzt sind. Diese EU-Richtlinie wurde in Deutschland mit der Novelle der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) 2001 in nationales Recht umgesetzt.

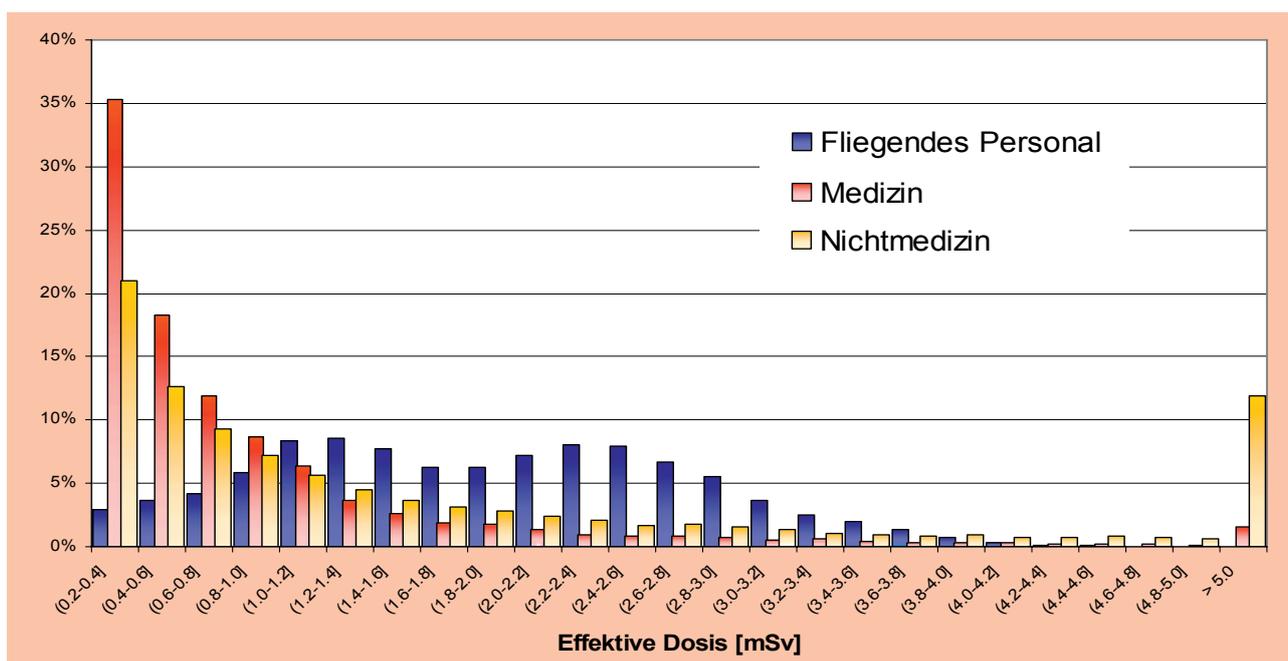
Seit August 2003 überwacht das BfS die Strahlenbelastung von ca. 30.000 Pilotinnen und Piloten und Flugbegleiterinnen und Flugbegleitern der deutschen Luftfahrtgesellschaften und erfasst diese im Strahlenschutzregister des BfS. Die Luftfahrtunternehmen und Betreiber von Flugzeugen ermitteln mittels spezieller Computerprogramme für jeden durchgeführten Flug die Routendosis. Auf der Grundlage der Flugpläne werden die so errechneten Dosiswerte dem eingesetzten Personal individuell zugeordnet, zu Monatsdosen aufsummiert und über das aufsichtführende Luftfahrt-Bundesamt regelmäßig an das BfS übermittelt.

Das Strahlenschutzregister hat alle registrierten Dosiswerte über die ersten zwölf Monate seit Beginn der Überwachung ausgewertet. Erstmals liegen damit Sta-

tistiken über die Strahlenbelastung des fliegenden Personals in Deutschland vor, die nicht auf Stichproben, sondern auf der Auswertung des gesamten überwachten Cockpit- und Kabinenpersonals aller deutschen Fluggesellschaften beruhen. Die Auswertungen identifizieren unterschiedlich hoch exponierte Gruppen, sie liefern Kennzahlen für internationale Vergleiche und bilden den Ausgangspunkt für künftige Analysen.

Im Vergleich mit anderen Berufsgruppen zählt das fliegende Personal mit einer durchschnittlichen effektiven Jahresdosis von 1,8 mSv nach dem Personal aus den Kategorien „Radiographie“, „Kerntechnik, Instandsetzung“ und „Kerntechnik, Reinigung“ zu den am stärksten exponierten Berufsgruppen. Auf das fliegende Personal entfällt mehr als die Hälfte der Kollektivdosis aller beruflich strahlenexponierten Personen in Deutschland. Wenn für beruflich strahlenexponierte Personen eine Überschreitung von 6 mSv pro Jahr nicht ausgeschlossen werden kann, dann ist nach § 60 StrlSchV eine jährliche arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung durch einen hierfür ermächtigten Arzt erforderlich. Die bisher beobachteten maximalen Jahresdosiswerte bleiben allerdings unterhalb von 6 mSv.

Von besonderer Bedeutung ist stets der Schutz des ungeborenen Lebens. Für ein ungeborenes Kind, welches aufgrund der Beschäftigung der Mutter einer Strahlenbelastung ausgesetzt ist, beträgt der Grenzwert der Dosis aus äußerer Strahlenbelastung 1 mSv vom Zeitpunkt der Mitteilung über die Schwangerschaft bis zu deren Ende. Bei den Luftfahrtgesellschaften wird dieser Schutz dadurch sichergestellt, dass Frauen ab der Mitteilung einer bestehenden Schwangerschaft nur noch als Bodenpersonal eingesetzt werden.



Dosisverteilung in unterschiedlichen beruflichen Bereichen

Wie aus der Abbildung auf Seite 59 ersichtlich, fällt beim fliegenden Personal auf, dass die Häufigkeitsverteilung der effektiven Dosis zwei Maxima aufweist und sich damit erheblich von den exponentiell abfallenden Dosisverteilungen in Medizin und Nichtmedizin unterscheidet.

Diese Verteilung weist auf unterschiedlich stark exponierte Personengruppen hin, die anhand der Merkmale „Geschlecht“, „Tätigkeitskategorie“ (Cockpit/Kabine) sowie „Alter“ unterschieden werden können.

Bei der Gruppe der Frauen ist diese zweigipflige Häufigkeitsverteilung der Dosiswerte besonders stark ausgeprägt. Hervorgerufen wird sie durch unterschiedliche Altersgruppen, die berufsbedingt unterschiedlich stark strahlenexponiert sind. Viele jüngere Piloten fliegen z. B. überwiegend Binnen- und Kurzstrecken, auf denen sie wegen der geringeren Reise-flughöhen und der niedrigeren Breitengrade vergleichsweise weniger Dosis erhalten. Das jüngere Kabinenpersonal ist dagegen häufig auch auf transatlantischen Polrouten sowie auf anderen Langstrecken mit größeren Reiseflughöhen eingesetzt mit entsprechend höheren Expositionen durch die Höhenstrahlung. Die folgenden Abbildungen zeigen für das Kabinen- bzw. Cockpitpersonal mittels kombinierter Alters- und Dosisverteilungen die Gruppenbildungen. Das überwiegend weibliche Kabinenpersonal hat eine Verteilung mit vier Maxima (rot), wobei die Dosischwerpunkte bei den höheren Dosen liegen. Im Gegensatz dazu hat das von Männern dominierte Cockpitpersonal nur drei Maxima mit Schwerpunkten im unteren Dosisbereich.

Die Ergebnisse der beruflichen Strahlenschutzüberwachung Deutschlands sind gerade bei global agierenden Fluggesellschaften immer auch im internationalen Kontext zu bewerten. Im europäischen Vergleich hat Deutschland beim fliegenden Personal

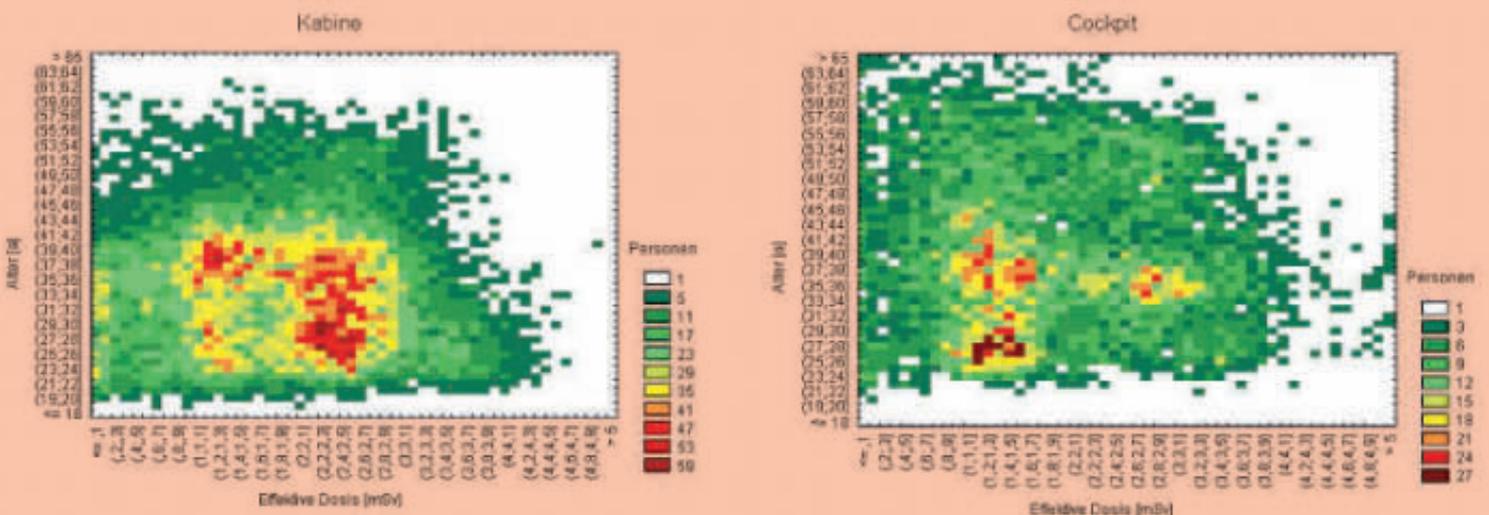
Länder	überwachte Personen	Anzahl der Flugbetriebe	Kollektivdosis [Pers.-Sv]	arithmetisches Mittel [mSv]	Maximum [mSv]
Tschechische Republik	1.480	5	3,3	2,2	3,5
Deutschland	30.204	45	55,2	1,8	5,4
Dänemark	3.782	8	6,0	1,6	k.A.
Finnland	2.540	2	6,4	2,5	k.A.
Niederlande	12.140	2	16,0	1,3	< 6
Vereinigtes Königreich	22.000	2	44,0	2,0	k.A.

* Daten aus einer Umfrage bei den Teilnehmerländern am ESOREX-Projekt des BfS, Aug. 2005

Jährliche Strahlenbelastung des fliegenden Personals im europäischen Vergleich*

die meisten überwachen Personen; bezüglich der mittleren Jahresdosis liegt Deutschland im Mittelfeld (s. Tabelle oben).

Die statistischen Befunde dieser ersten Gesamtauswertung zeigen, dass bezüglich der Überwachung der Einhaltung des Grenzwerts für beruflich Strahlenexponierte für die Fluggesellschaften kein unmittelbarer Handlungsbedarf besteht. Der Jahresgrenzwert von 20 mSv wird erwartungsgemäß weit unterschritten, der Schwellenwert für das Erfordernis einer arbeitsmedizinischen Vorsorge wird ebenfalls nicht erreicht, bei Schwangeren wird eine zusätzliche Exposition durch Höhenstrahlen durch den Einsatz als Bodenpersonal ausgeschlossen. Ob und inwieweit die Flugbetreiber im Rahmen des Erfordernisses zur Optimierung der tatsächlichen Expositionen künftig Maßnahmen zur Dosisumverteilung ergreifen werden, z. B. durch veränderte Einsatzplanung des Flugpersonals, kann erst durch vergleichende Analysen über mehrere Jahre beantwortet werden. Die Möglichkeiten einer Reduktion der Strahlenbelastung durch Änderungen der Flugrouten- und -höhen sind jedoch beschränkt. Die Strahlenexposition ist auch nur eine



Verteilung des Kabinen- bzw. Cockpitpersonals nach Alter und Dosis

Zielgröße neben den im Optimierungsprozess zu berücksichtigenden, konkurrierenden Einflussgrößen wie z. B. Flugsicherheit, Flugdauer und Kerosinverbrauch.

DIE MESSSTATION SCHAUINSLAND GEHÖRT ZUM WELTWEITEN NETZ FÜR DIE ÜBERWACHUNG DES KERNWAFFENTESTVERBOTES

Ansprechpartner:

Matthias Zähringer (0 18 88/3 33-67 20)

Nach Abschluss der mehrjährigen Planungs- und Aufbauphase bis Ende 2003 wurde 2005 ein Messsystem für partikelgebundene radioaktive Spurenstoffe (RASA) zur Überwachung des Kernwaffenteststoppabkommens auf der Messstation Schauinsland des Bundesamtes für Strahlenschutz für den Einsatz offiziell in Betrieb genommen und von der Vertragsorganisation CTBTO (Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty Organization, pws.ctbto.org/) zertifiziert. Damit kommt die Bundesrepublik ihrer vertraglichen Verpflichtung nach, sich aktiv am Betrieb eines internationalen Verifikationssystems zu beteiligen.

Mit der Unterzeichnung des Vertrages über ein umfassendes Verbot von Nuklearversuchen (engl. Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty, CTBT) haben sich gemeinsam mit Deutschland inzwischen 175 andere Zeichenstaaten verpflichtet, auf Kernwaffentests völlig zu verzichten. Um dies auch konsequent zu überprüfen, spezifiziert der Vertrag ein Verifikationssystem durch ein internationales Messsystem mit 321 Messstationen, das jede nukleare Explosion mit einer Sprengkraft von über einer Kilotonne TNT-Äquivalent an jedem Ort der Erde detektiert, identifiziert und lokalisiert. Das Messnetz wird gegenwärtig aufgebaut und soll betriebsbereit sein, wenn der Vertrag in Kraft tritt. Die Detektion und Lokalisierung verdächtiger Explosionen erfolgt primär mit Hilfe geophysikalischer Messungen auf Kontinenten (Seismometer), in den Ozeanen (Unterwassermikrophone) und in der Atmosphäre (Mikrophone für Schallwellen weit unterhalb hörbarer Frequenzen). Detoniert ein nuklearer Sprengkörper, so entsteht in der Folge eine Vielzahl radioaktiver Spaltprodukte. Die überwiegende Zahl der so gebildeten Radionuklide kommt in der Natur nicht vor und unterscheiden sich auch in der Zusammensetzung von Radioaktivität aus kerntechnischen Anlagen. Der nukleare Charakter verdächtiger Explosionen kann daher über das Radioaktivitätsmessnetz mit insgesamt 80 Stationen weltweit festgestellt werden. Eine Station dieses Teilmessnetzes befindet sich an der Spurenmessstelle

Schauinsland des Bundesamtes für Strahlenschutz. Benachbarte CTBT-Stationen liegen in Libyen, Russland, Island, Schweden und auf den Azoren.

Auf dem Schauinsland kommt das automatische System RASA zur Messung von Radioaktivität in Staubpartikeln zum Einsatz. Täglich werden Schwebstaubpartikel aus 24.000 Kubikmetern Luft gefiltert und gammaspektrometrisch gemessen. Die Ergebnisse werden über ein satellitengestütztes Kommunikationssystem an das Internationale Datenzentrum der Vertragsorganisation CTBTO in Wien gesendet, dort ausgewertet und allen anderen Vertragsstaaten zur Verfügung gestellt. Die Empfindlichkeit der Messsysteme ist so hoch, dass Aktivitätskonzentrationen von 2 bis 3 Mikrobecquerel pro Kubikmeter bezogen auf Cäsium 137 noch nachgewiesen werden können. Zur Veranschaulichung: Dies sind 2-3 radioaktive Zerfälle pro Sekunde in einem Luftwürfel von 100 Metern Kantenlänge, also etwa der Rauminhalt eines großen Fußballstadions. Sie liegt damit ungefähr bei einem Millionstel dessen, was in den ersten Maitagen nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl hier auf dem Schauinsland gemessen wurde. Mit einer Einzelstation dieser Empfindlichkeit kann man praktisch jeden oberirdischen Test in der Nordhemisphäre nachweisen. Allerdings werden diese Spaltprodukte je nach Entfernung und Großwetterlage um mehrere Tage bis Wochen verzögert durch die Atmosphäre an die Station herangeführt. Um jedoch spätestens nach 3-5 Tagen sicher etwas nachweisen zu können und auch über atmosphärische Ausbreitungsrechnungen den Explosionsort eingrenzen zu können, wird ein gleichförmiges Messnetz mit weltweit 80 Radionuklidstationen benötigt.

Eine besondere Herausforderung an die Messtechnik sind Kernwaffenversuche unter der Erdoberfläche oder unter Wasser. In beiden Fällen dringen nur radioaktive Edelgase an die Oberfläche. Besonderes Augenmerk gilt dabei den Xenon-Isotopen 133, 133m, 131m und 135. Radioaktive Edelgase sind extrem flüchtig und nur sehr schwer zurückzuhalten. Sie erfordern aber auch für ihre messtechnische automatische Erfassung besonders aufwändige Apparaturen, die sich noch im Entwicklungsstadium befinden. Das in Frankreich entwickelte Xenonmesssystem SPALAX wird seit Ende 2003 im Rahmen des internationalen Edelgasexperimentes (INGE) auf dem Schauinsland erprobt. Im Gegensatz zu den partikelgebundenen Spaltprodukten misst man für Radioxenon in den mittleren Breiten der Nordhemisphäre einen ständigen Untergrund von einigen Millibecquerel pro Kubikmeter Luft aus zivilen Quellen (Nuklearmedizin und Kernkraftwerke). Dieser Pegel ist zwar für den Strahlenschutz unbedeutend, erschwert aber die Abgrenzung zu möglichen Kernexplosionen. Eine zuverlässige Unterscheidung erfordert eine genaue Kennt-



Am 21. Juni besuchte der Exekutivsekretär der CTBTO, Botschafter Wolfgang Hoffmann, die Station Schauinsland und überreichte in Anwesenheit des Sonderbeauftragten der Bundesregierung für Abrüstungsfragen, Botschafter Friedrich Gröning, dem Leiter des Fachbereiches Strahlenschutz und Umwelt des BFS, Dr. Gerald Kirchner, die Zertifizierungsurkunde.



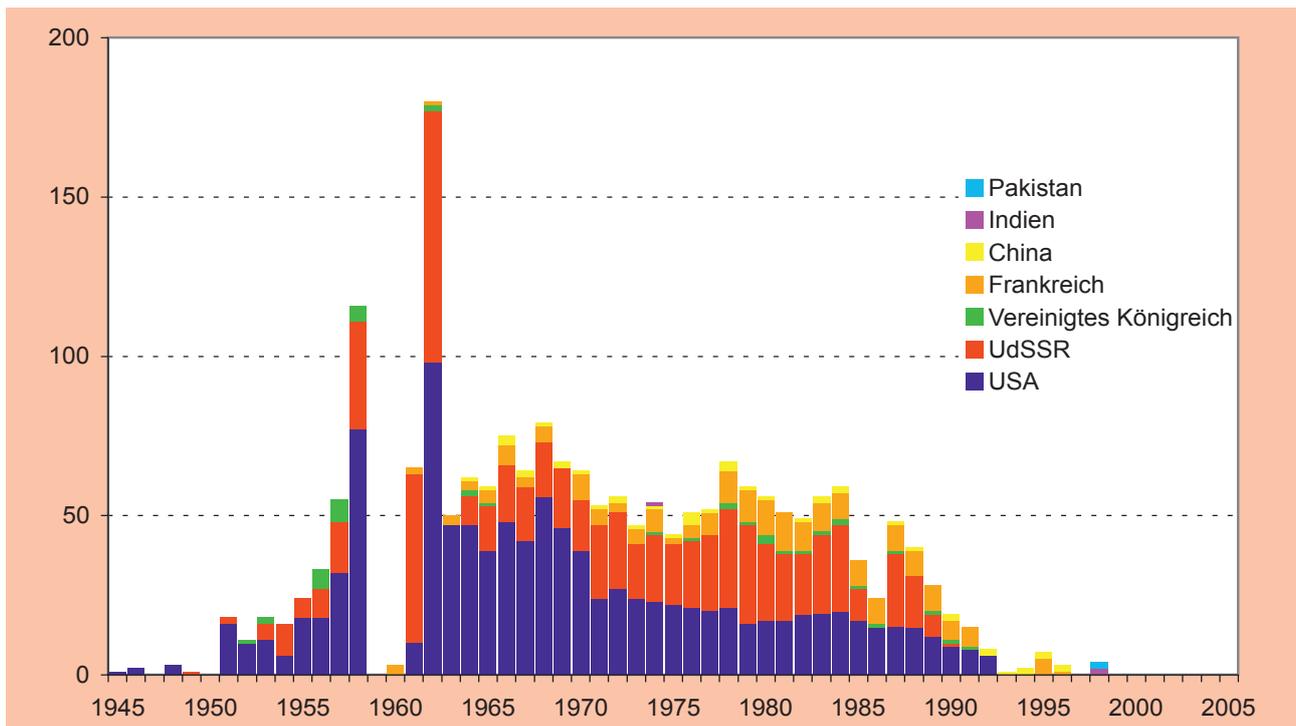
Messcontainer mit RASA auf dem Schauinsland

und strenge Regeln der Qualitätssicherung eingehalten werden. Deswegen wird jede Station vor der offiziellen Inbetriebnahme vom technischen Sekretariat der CTBTO überprüft und anschließend für diese Aufgabe zertifiziert. Die Übergabe der Zertifizierungsurkunde für die Station des BFS erfolgte in feierlichem Rahmen am 21. Juni 2005 (siehe Bild oben links).

nis der Isotopenzusammensetzungen und eine möglichst breite empirische Datenbasis, wie sie unter anderem vom BFS ständig gesammelt und erweitert wird.

Neben der Empfindlichkeit wird eine hohe technische Zuverlässigkeit gefordert, da die Messdaten und Filterproben Beweischarakter in einem völkerrechtlichen Sanktionsverfahren haben können. Genau diese Funktion macht es auch erforderlich, dass an der Station alle Arbeiten genauestens dokumentiert werden

Die Messstation Schauinsland des BFS hat eine lange Tradition in der Messung von Kernwaffenfallout. Bereits im März 1953 gelang es Forschern der Universität Freiburg erstmalig in Deutschland, radioaktiven Fallout von einem US-amerikanischen Test in Nevada an dieser Station auf dem Schauinsland nachzuweisen. Was damals noch ein störender Effekt bei der Erforschung der kosmischen Höhenstrahlung war, wurde im Lauf der Jahrzehnte zu einer Hauptaufgabe der Station.



Anzahl der seit 1945 durchgeführten Kernwaffentests nach Staaten aufgeschlüsselt. Obwohl noch nicht formell in Kraft getreten, halten sich zur Zeit alle Staaten an den Teststopp.

KONTROLLE HOCHRADIOAKTIVER STRAHLENQUELLEN IN DEUTSCHLAND

Ansprechpartner:

Renate Czarwinski (0 18 88/3 33-45 10)

Gerhard Frasch (0 18 88/3 33-24 10)

Radioaktive Strahlenquellen werden seit mehr als 50 Jahren nutzbringend in der Medizin, in der Industrie, in der Forschung und Lehre eingesetzt. Die Zahl der Strahlenquellen ist in dieser Zeit ständig angewachsen. Die Erfahrung bei der Anwendung umschlossener Strahlenquellen in der Vergangenheit zeigt, dass auch bei einer weit verbreiteten Nutzung ein hohes Sicherheitsniveau erreicht werden kann. Voraussetzung jedoch ist, dass die Kontrolle der Strahlenquellen konsequent über ihre gesamte Lebensdauer erfolgt. Ist diese Voraussetzung nicht gegeben, können die Strahlenquellen „herrenlos“ und zu einer Gefahr für Mensch und Umwelt werden. Typische Beispiele hierfür sind die Unfälle in Goiania/Brasilien 1987 (50,9 TBq Cs-137) oder in Samut Prakarn/Thailand 1999 (15,7 TBq Co-60). In diesen Fällen führte die unkontrollierte Lagerung ausgedienter Geräte mit den Strahlenquellen und anschließender Diebstahl zu extrem hohen Expositionen von Personen und zu weiträumigen Kontaminationen (Verseuchungen) der Umwelt und von Gebäuden. In Goiania starben 4 Menschen und in Samut Prakarn 3 Menschen an den Folgen der Strahlenbelastung.

Herrenlose Quellen gibt es auch in Deutschland. Die folgenden Abbildungen zeigen beispielhaft eine solche Quelle (18,5 und 703 GBq Am-241/Be), die bei der Eingangskontrolle einer Schrottlieferung bei einem Recyclingunternehmen in einer Metalltrommel aufgefunden wurden.

Die Verbesserung der Kontrolle umschlossener Strahlenquellen stellt daher einen wesentlichen Faktor bei den Bemühungen zur Vermeidung außergewöhnlicher

Expositionen von Mensch, Umwelt und Gütern dar. Eine wichtige Regelung ist die Europäische Richtlinie über die Kontrolle hochradioaktiver umschlossener Strahlenquellen und herrenloser Strahlenquellen, die in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union bis Dezember 2005 in nationales Recht umgesetzt werden musste.¹

Eine zentrale Forderung der Richtlinie ist die vollständige und stets verfügbare Information über die Strahlenquelle selbst und insbesondere über ihren Aufenthaltsort einschließlich Fund oder Verlust einer Strahlenquelle.

In Deutschland ist die Umsetzung dieser Richtlinie bereits erfolgt. Im August 2005 trat das Gesetz zur Kontrolle hochradioaktiver Strahlenquellen (HRQ-Gesetz) in Kraft. Der Geltungsbereich der EU-Richtlinie und des HRQ-Gesetzes ist auf hochradioaktive Strahlenquellen beschränkt. Hierbei handelt es sich um umschlossene Strahlenquellen mit einem Radionuklid, dessen Aktivität zum Zeitpunkt der Herstellung oder des ersten Verkaufs/Abgabe ein Hundertstel der Aktivität, die in Vorschriften der IAEA für Transporte radioaktiver Stoffe festgelegt wurden (so genannte A1-Werte), überschreitet.

Kernpunkt des HRQ-Gesetzes ist die Einrichtung eines Registers für hochradioaktive Strahlenquellen. Aufgrund der föderalen Struktur in Deutschland liegen der Strahlenschutz und damit die Registrierung der Strahlenquellen in der Verantwortung der Länder. Dies musste beim Aufbau eines neuen, zentralen Registers als eine zentrale Rahmenbedingung berücksichtigt werden. Mit Zustimmung der Länder wurden Errichtung und Betrieb des Registers dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) übertragen.

¹ Richtlinie 2003/122/Euratom des Rates vom 22. Dezember 2003 zur Kontrolle hoch radioaktiver umschlossener Strahlenquellen und herrenloser Strahlenquellen (Amtsblatt Nr. L 346 vom 31/12/2003 S. 0057 – 0064) http://europa.eu.int/eur-lex/pri/de/oj/dat/2003/l_346/l_34620031231de00570064.pdf.



Metalltrommel und darin enthaltene Neutronenquellen (18,5 und 703 GBq Am-241/Be)

(Die Fotos wurden vom Bayerischen Landesamt für Umweltschutz mit Zustimmung der GHS Strahlenschutz GmbH zur Verfügung gestellt.)

Verantwortlich für die Meldung und Aktualisierung der Daten ist der Genehmigungsinhaber (Strahlenschutzverantwortlicher/Strahlenschutzbeauftragter). Die von den zuständigen Länderbehörden übersandten Informationen müssen anhand der Genehmigungsunterlagen binnen eines Monats verifiziert werden. Bei diesem Verfahren bleibt die Verantwortung der Länder unangetastet. Weitere Berichtspflichten des Genehmigungsinhabers schließen die Meldung über das Abhandenkommen von Strahlenquellen ein. Den Fund einer Strahlenquelle hat die zuständige Behörde dem Register unverzüglich zu melden. Jede hochradioaktive Strahlenquelle und ihr Schutzbehälter oder Aufbewahrungsbehältnis muss sichtbar und dauerhaft durch eine unverwechselbare Identifizierungsnummer gekennzeichnet werden. In der Regel erhält eine Strahlenquelle bereits durch den Hersteller eine solche Nummer (Seriennummer). Hochradioaktive Strahlenquellen, die nicht weiter benutzt werden, dürfen in Zukunft an einen anderen Genehmigungsinhaber zur Nutzung übergeben oder müssen zum Hersteller oder Verbringer zurückgegeben werden. Eine weitere Möglichkeit bietet die geordnete Entsorgung als radioaktiver Abfall. Ein Verbleib ohne Nutzung beim bisherigen Nutzer ist nicht erlaubt. Damit soll ausgeschlossen werden, dass eine Strahlenquelle, die nicht mehr benutzt wird, in Vergessenheit gerät und ungesichert entsorgt wird, z. B. im Schrott. Die Hersteller hochradioaktiver Strahlenquellen sind künftig gesetzlich zur Rücknahme verpflichtet bzw. haben sicherzustellen, dass sie von Dritten zurückgenommen werden können.

INTERNATIONALER MESSVERGLEICH ZUR BESTIMMUNG DER RADIOAKTIVITÄT IM BODEN

Ansprechpartner:

Christopher Strobl (0 18 88/3 33-25 19)

Nach einem kerntechnischen Unfall oder bei Verdacht auf radioaktive Kontamination einer größeren Fläche ist es entscheidend, schnell einen Überblick über die Radioaktivität in der Umwelt zu erhalten. Die im und auf dem Boden befindliche Radioaktivität kann auf unterschiedliche Weise bestimmt werden. Ein sehr genaues, aber auch sehr zeit- und kostenaufwendiges Verfahren ist die Entnahme von Bodenproben und deren anschließende Analyse im Labor. Sehr viel schneller und repräsentativer ist die Methode der In-situ-Gammaspektrometrie, mit der der Gehalt an natürlichen und künstlichen radioaktiven Stoffen direkt vor Ort („In-situ“) bestimmt werden kann. In Deutschland und in vielen anderen Ländern sind Messungen mittels der In-situ-Gammaspektrometrie mittlerweile

fester Bestandteil von Messprogrammen, die nach einem kerntechnischen Unfall helfen, schnell Entscheidungen über geeignete Schutzmassnahmen für die Bevölkerung zu treffen.

Als Maßnahme zur Qualitätssicherung der In-situ-Gammaspektrometrie veranstaltete das Bundesamt für Strahlenschutz in Zusammenarbeit mit der Wismut GmbH vom 9. – 12. Mai 2005 in Gera und Umgebung eine internationale Vergleichsmessung zur Bestimmung der Radioaktivität im Boden. An diesem



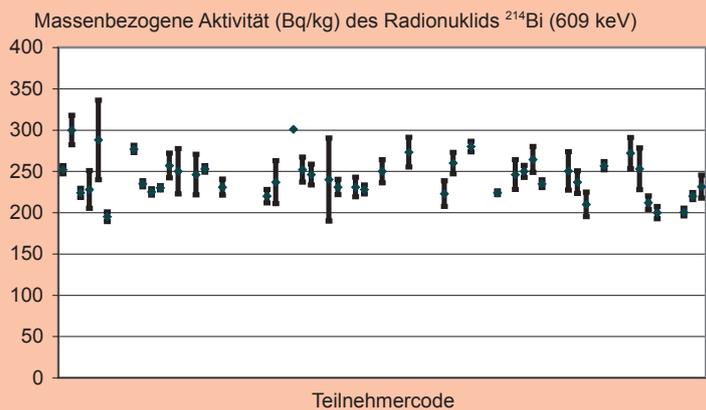
Drei Messteams installieren ihre In-situ-Gammaspektrometer auf einer Kalibrierfläche der Wismut GmbH

europaweit bislang größten Erfahrungsaustausch im Bereich der In-situ-Gammaspektrometrie nahmen 70 Messteams aus 13 Ländern teil.

Alle 70 Teams erhielten zu Beginn der Veranstaltung ein detailliertes Messprogramm mit verschiedenen Aufgabenstellungen. Dazu mussten die mehr als



Graphische Darstellung der Ergebnisse der Kartierung der Ortsdosisleistung auf einer etwa 1 ha großen Fläche



Beispiel für die Auswertung der Ergebnisse aller Messteams:
Zusammenstellung der von den Teilnehmern auf einer der Messflächen bestimmten Aktivität des Radionuklids Bi-214 im Boden in [Bq/kg]

170 Teilnehmer an vorgegebenen Orten in der Umgebung von Gera Messungen mit ihren eigenen Messsystemen durchführen und auswerten.

Aufgabenschwerpunkte lagen in der Bestimmung

- der massenbezogenen Aktivitäten natürlicher Radionuklide an mehreren Messorten mit unterschiedlicher Bodenzusammensetzung,
- der flächenbezogenen Aktivitäten des Radionuklids Cs-137 an einem der Messorte,
- der Detektorkalibrierung durch Messung punktförmiger Aktivitätsnormale,
- von vergrabenen radioaktiven Quellen sowie
- in der Kartierung der Ortsdosisleistung auf einer etwa 1 ha großen Fläche.

Zurzeit werden die Resultate der Messteams im BfS zusammengestellt und ausgewertet. Die Auswertung der Ergebnisse dieser großen Zahl von Messteams ermöglicht eine sehr breit angelegte Erfassung des international erreichten Qualitätsstandards.



Nationale und internationale Experten der In-Situ-Gammaspektrometrie nutzten die Veranstaltung zum Informations- und Erfahrungsaustausch, wie hier bei der Abschlussveranstaltung

Neben der Erfassung des international erreichten Qualitätsstandards bot die Übung vielen nationalen und internationalen Experten die Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch. Während und nach der Messkampagne äußerten sich zahlreiche Teilnehmer sehr positiv über Art und Ausführung der Veranstaltung und regten eine regelmäßige Durchführung derartiger Messkampagnen und Expertentreffen an.

GENEHMIGUNG VON FORSCHUNG AM MENSCHEN IN DER MEDIZIN

Ansprechpartner:

Jürgen Griebel (0 18 88/3 33-23 20)
Egon-Robert Schwarz (0 18 88/3 33-23 10)

Medizinische Forschung ist für die Weiterentwicklung der Heilkunde und der medizinischen Wissenschaft unerlässlich. Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und Röntgenverordnung (RöV) schützen Probanden, bei denen im Rahmen der medizinischen Forschung radioaktive Stoffe oder ionisierende Strahlung angewendet werden sollen, in besonderer Weise durch eine Genehmigungspflicht. Genehmigungsbedürftig sind grundsätzlich alle Strahlenanwendungen an gesunden Probanden. Darüber hinaus sind Anwendungen an Patienten dann genehmigungsbedürftig, wenn

- neue radioaktive Substanzen für die nuklearmedizinische Diagnostik bzw. Therapie oder
- neue Techniken der Röntgendiagnostik oder Strahlentherapie

erprobt werden. So gewinnt zunehmendes Interesse die Radioimmuntherapie, bei der spezifisch gegen Tumorzellen gerichtete Antikörper radioaktiv markiert werden, um die Tumorzellen gezielt durch Strahlung zu zerstören. Ein weiteres aktuelles Forschungsthema sind neue Anwendungen der Mehrschicht-Computertomographie, insbesondere auch im Bereich der Herzdiagnostik.

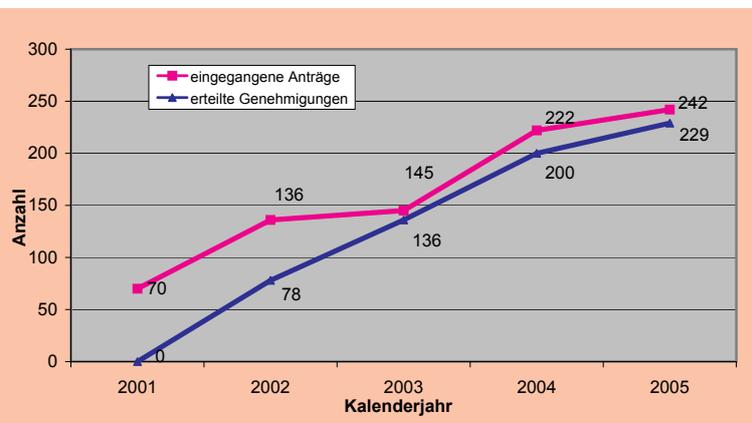
Anwendungen anerkannter nuklearmedizinischer oder röntgenologischer Untersuchungsverfahren zur Begleitdiagnostik im Rahmen einer klinischen Studie sind ebenfalls genehmigungsbedürftig, wenn die Häufigkeit der Untersuchungen über das in der Krankenversorgung übliche Maß hinausgeht.

Eine wichtige Voraussetzung für die Erteilung einer Genehmigung ist die Abwägung des Nutzens für die Heilkunde oder die medizinische Wissenschaft gegenüber dem strahlenbedingten Risiko für den einzelnen Teilnehmer. Im Rahmen dieser Prüfung wird die stu-

dienbedingte Strahlendosis durch das BfS abgeschätzt und geprüft, ob die Strahlenbelastung herabgesetzt werden kann oder ob ggf. alternative Verfahren ohne Anwendung ionisierender Strahlung eingesetzt werden können. Weiterhin wird die Erfüllung der gesetzlich geforderten Deckungsvorsorge (Versicherungsnachweis) durch das BfS geprüft und die Anzahl der möglichen, strahlenbedingten Schadensfälle abgeschätzt.

Die Abgrenzung zwischen Heilkunde und genehmigungsbedürftiger Strahlenanwendung im Rahmen der medizinischen Forschung kann im Einzelfall Schwierigkeiten bereiten. Ein wichtiges Entscheidungskriterium ist u. a. die Frage, ob die Anwendung nach Art und Umfang dem entspricht, was im Rahmen der Heilkunde bei Patienten mit der für das Forschungsvorhaben relevanten Erkrankung typischen Weise durchgeführt wird. Zur Klärung offener Fragen wurden vom BfS mehrere Fachgespräche mit Vertretern der betroffenen medizinischen Fachgesellschaften durchgeführt.

Im Jahr 2005 wurden vom BfS rund 230 Genehmigungen für 740 Studienzentren erteilt (Abb. unten). Die Bearbeitungsdauer der Anträge im BfS betrug im Jahr 2005 – ab dem vollständigen Vorliegen der notwendigen Antragsunterlagen – rund 90 Tage.



Anzahl der eingegangenen und erteilten Genehmigungen in den Jahren 2001-2005

Um die Bearbeitungszeit zu verkürzen, arbeitet das BfS kontinuierlich an der Optimierung des Genehmigungsverfahrens. Dabei finden die gewonnenen Erfahrungen und die Gestaltungsspielräume des geltenden Rechts Berücksichtigung. So wurden Vorschläge zur qualitätsneutralen Vereinfachung bei der Prüfung von Genehmigungsanträgen ausgearbeitet und umgesetzt. Weiterhin wurden Hinweise zur Antragsstellung sowie Formblätter auf der Homepage des BfS zur Verfügung gestellt, die die Antragstellung konkret erläutern und auf diese Weise das Antragsverfahren erleichtern sollen. Diese Hinweise und Formblätter werden ständig aktualisiert. Dabei wird bisher gewonnenen Erfahrungen sowie Anregungen aus dem

Kreis der Antragsteller Rechnung getragen. Auf Wunsch der Antragsteller wurde ein „Voranfrageverfahren“ zur Genehmigungsbedürftigkeit geplanter Forschungsvorhaben eingeführt. Bisher wurden rund 120 Voranfragen von Antragstellern beantwortet. Im Hinblick auf eine Novellierung von StrlSchV und RöV haben BfS und Strahlenschutzkommission (SSK, www.ssk.de) gemeinsam weitere Vorschläge zur Vereinfachung des Genehmigungsverfahrens erarbeitet, die die jetzt gültigen Festlegungen zum Schutze der Probanden nicht einschränken.

ZWISCHENLAGERUNG VON KERNBRENNSTOFFEN

Ansprechpartner:

Diethardt Hofer (0 18 88/3 33-17 00)

Zwischenlagerung - Warum?

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 und dezentralen Zwischenlagern sowie Interimslagern aufbewahrt. Im Jahre 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 und Interimslagern wird sichergestellt, dass weitere Transporte in der Bundesrepublik Deutschland, etwa in zentrale Zwischenlager, nicht erforderlich werden.

In Betrieb sind derzeit 3 zentrale Zwischenlager, 2 dezentrale und 4 Interimslager. Genehmigungen für 11 weitere dezentrale Zwischenlager sind erteilt; für ein weiteres dezentrales Zwischenlager hat das Genehmigungsverfahren begonnen. Für alle 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 Flugzeugabsturz) berücksichtigt. Im Ergebnis ist festzuhalten, dass auch unterstellte Ereignisse wie der gezielt herbeigeführte Flugzeugabsturz nicht zu katastrophalen Auswirkungen führen, sondern die Schutzziele der Richtli-

nie zum Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD) eingehalten werden. Die erteilten Genehmigungen werden teilweise noch gerichtlich überprüft.

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 2005 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.



Luftaufnahme des Transportbehälterlagers Ahaus (Foto: BZA)

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. Ende 2005 befanden sich insgesamt 68 Behälter im Lager, 5 Behälter mit abgebrannten Brennelementen sowie 63 Behälter mit HAW-Glaskokillen.



Gelände und Anlagen der Brennelementlager Gorleben GmbH (Foto: BLG)

Im Zwischenlager Nord (ZLN) in der Nähe von Greifswald ist seit 1999 die Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen und sonstigen radioaktiven Stoffen aus dem Kernkraftwerk Greifswald und dem zugehörigen Zwischenlager für abgebrannten Brennstoff sowie aus dem Kernkraftwerk Rheinsberg im Umfang von 585 t auf maximal 80 Behälterstellplätzen genehmigt. Im Februar 2006 befanden sich 58 beladene Behälter im ZLN. Der gezielte Flugzeugabsturz wurde vom BfS unter Einbeziehung des angrenzenden Zwischenlagers für radioaktive Reststoffe/Abfälle in einem Verfahren nach § 17 AtG geprüft. Für die am 17.02.2006 erteilte 4. Änderungsgenehmigung wurde der gezielte Flugzeugabsturz vom BfS in einem Verfahren nach § 6 AtG geprüft. Im Jahr 2005 sind folgende Änderungsanträge gestellt worden:

- 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).

Dezentrale Zwischenlager

AVR-Behälterlager Jülich

Das Bundesamt für Strahlenschutz hat am 07.07.2005 der Forschungszentrum Jülich GmbH für das AVR-Behälterlager Jülich die Änderungsgenehmigung für die Aufbewahrung der letzten 2.400 Brennelementkugeln des stillgelegten AVR-Reaktors am Standort Jülich erteilt. Außerdem wurden weitere kleine Änderungen bezüglich der Art der Aufbewahrung genehmigt.

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 Prüfungen des gezielten Flugzeugabsturzes auf das AVR-Behälterlager unter Einbeziehung der Auswirkungen der direkt angrenzenden Lagerung von sonstigen radioaktiven Stoffen erfolgen derzeit beim BfS in einem Verfahren nach § 17 AtG.

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) und vier Interimslagern (Biblis, Krümmel, Neckarwestheim und Philippsburg) in einem ersten Genehmigungsschritt beschlossen.

Im Jahr 2005 wurden Prüfungen im Rahmen von Ergänzungs- und Änderungsverfahren zu den Genehmigungen durchgeführt. Im Ergebnis konnten 9 Änderungsgenehmigungen für die Interimslager Biblis (2), Krümmel (2), Neckarwestheim (2) und Philippsburg (1) sowie für die Zwischenlager Biblis (1) und Krümmel (1) erteilt werden. Die Änderungen beinhalten technische Sachverhalte und die Verlängerung der Geltungsdauer der Genehmigung für das Interimslager Neckarwestheim um ein Jahr, die auf Grund der Verzögerungen beim Bau des Standort-Zwischenlagers Neckarwestheim beantragt worden war.

Die Kernkraftwerk Obrigheim GmbH hat im April 2005 einen Antrag auf Genehmigung nach § 6 AtG für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen außerhalb der staatlichen Verwahrung am Standort Obrigheim gestellt. Damit ist das atomrechtliche Genehmigungsverfahren für ein weiteres dezentrales Zwischenlager angelaufen. Das Vorhaben ist nach UVP-Gesetz einer Umweltverträglichkeitsprüfung mit Öffentlichkeitsbeteiligung zu unterziehen.



Kernkraftwerk Grafenrheinfeld mit dezentralem Zwischenlager
(Foto: E.ON Kernkraft/KKG)

Im Jahre 2005 befanden sich alle genehmigten dezentralen Zwischenlager an den Standorten der Kernkraftwerke in der Errichtung. Eine Ausnahme stellt das Zwischenlager am Standort des Kernkraftwerkes Lingen dar, das bereits seit Dezember 2002 in Betrieb ist. Die Betreiber sehen erste Einlagerungen von beladenen Transport- und Lagerbehältern in den dezentralen Zwischenlagern an den Kernkraftwerksstandorten ab Anfang 2006 vor.

Die Anzahl der in den Interimslagern bis Ende 2005 eingelagerten Behälter betrug für Biblis 28 (Vollbelegung), für Krümmel 5, für Neckarwestheim 18 und für Philippsburg 13. Das dezentrale Zwischenlager am Standort Lingen hatte zum Jahresende 2005 bereits 21 Behälter aufgenommen.

Das BfS war 2005 Beklagte in 18 Klageverfahren gegen die genehmigten Zwischenlager. Gegenstand der Rechtsstreitigkeiten ist vor allem die Frage des Schutzes gegen Terrorangriffe. Darüber hinaus werden insbesondere Fragen der Rechtsgrundlage, der Behältersicherheit sowie der Geheimhaltungsbedürftigkeit von Unterlagen thematisiert. Die Klage von Privatpersonen gegen das Interimslager Neckarwestheim war bereits im Mai 2004 zurückgewiesen worden. Dieses Urteil wurde mit einer Entscheidung des Bundesverwaltungsgerichts vom Januar 2005 bestätigt. Die Kläger hatten bestritten, dass für die Lagerung der Kernbrennstoffe im Interimslager Neckarwestheim ein Bedürfnis bestehe. Das Bundesverwaltungsgericht führte demgegenüber aus, dass für Zwischenlager an den Standorten von Kernkraftwerken aufgrund der Verpflichtung nach § 9a Abs. 2 Satz 3 Atomgesetz bereits ein gesetzliches Bedürfnis gegeben sei. Dies gelte nicht nur für die längerfristige Zwischenlagerung nach § 6 Abs. 3 Atomgesetz, sondern zur Überbrückung der Zeit bis zu deren Betriebsbereitschaft auch für die vorübergehende Aufbewahrung nach § 6 Abs. 4 Atomgesetz.

Im Dezember 2005 wurden die Klagen mehrerer privater Kläger sowie einer Gemeinde und eines Zweckverbandes gegen die Genehmigungen für die dezentralen Zwischenlager Grafenrheinfeld, Niederaichbach und Gundremmingen vor dem Bayerischen Verwaltungsgerichtshof verhandelt. Herausragendes Thema war dabei die Frage des Schutzes gegen Störmaßnahmen und sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD). Das BfS konnte darlegen, dass mit den Anforderungen in den Genehmigungen der erforderliche Schutz gegen einen gezielt herbei geführten Flugzeugabsturz sowie gegen terroristische Angriffe mit panzerbrechenden Waffen gewährleistet ist. Mit Urteilen vom Januar 2006 wurden alle Klagen gegen in Bayern gelegene Zwischenlager in erster Instanz abgewiesen. Das Gericht hat die Revision nicht zugelassen.

Staatliche Verwahrung

Die Schließung des Standortes der staatlichen Verwahrung von Kernbrennstoffen in Hanau wurde zum Jahresende 2005 fristgerecht erreicht. Das staatliche Verwahrager in Hanau war 1981 auf dem Gelände der ehemaligen Produktionsanlage für MOX-Brennelemente der Fa. Siemens AG eingerichtet worden, um unbestrahlte Kernbrennstoffe, für die keine gültige atomrechtliche Umgangsgenehmigung vorliegt, unter staatlicher Kontrolle sicher zu lagern. Nach § 5 AtG ist das Bundesamt für Strahlenschutz für den Vollzug dieser Aufgabe zuständig.

Bis Mai 2005 wurden zusammen mit anderen plutoniumhaltigen Brennelementen alle Plutoniumbrennelemente des nie in Betrieb gegangenen Schnellen Brutreaktors in Kalkar zur Weiterverarbeitung nach Frankreich gebracht. Der daraus resultierende Kernbrennstoff wird zu neuen MOX-Brennelementen verarbeitet, die nach ihrem Einsatz in einem Kernkraftwerk in einem noch zu errichtenden Endlager des Bundes endgelagert werden.

Im Dezember 2005 wurden die Brennstoffplatten von vier stillgelegten Unterrichtsreaktoren, die zur Demonstration der Reaktormesstechnik und -steuerung betrieben worden waren, aber nur sehr geringe Leistungsdaten und Strahlenintensität aufweisen, aus Hanau abtransportiert. Sie werden jetzt so umgearbeitet, dass das dabei gewonnene Material zur Brennelementfertigung eingesetzt werden kann. Anschließend wurde der Kontrollbereich des BfS in Hanau kontaminationsfrei in die atomrechtliche Verantwortung der Fa. Siemens AG zurückgegeben und der Standort Hanau vom BfS aufgelöst.

Damit hat das BfS zum einen die der Öffentlichkeit gegebenen Zusagen eingelöst. Zum anderen spart der Bund durch den vollständigen Abtransport der Kernbrennstoffe beträchtliche jährliche Mietkosten.

TRANSPORTE VON RADIOAKTIVEN STOFFEN UND KERNBRENNSTOFFEN

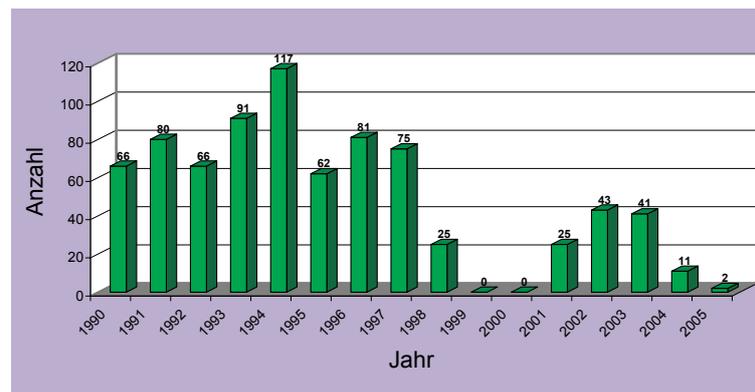
Ansprechpartner: Frank Nitsche (0 18 88/3 33-17 70)

Das BfS ist gemäß § 23 AtG für die Erteilung von Beförderungsgenehmigungen für Kernbrennstoffe (§ 4 AtG) und Großquellen (§ 16 StrlSchV) zuständig. Nach Gefahrgutrecht ist das BfS auch zuständige Behörde für die Erteilung von verkehrsrechtlichen Beförderungsgenehmigungen sowie für die Zulassung und Anerkennung von Transportbehältern.

Nach dem „Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Energie“, das am 22.4.2002 in Kraft trat, sind seit dem 1. Juli 2005 Transporte von bestrahlten Brennelementen aus Leistungsreaktoren zur Wiederaufarbeitung nach Frankreich bzw. England zur Entsorgung der deutschen Kernkraftwerke nicht mehr zulässig.

Noch im ersten Halbjahr 2005 wurden zwei Transporte mit insgesamt acht Behältern für 52 bestrahlte Brennelemente vom Kernkraftwerk Stade nach La Hague/Frankreich zur Wiederaufarbeitung durchgeführt. Mit dem letzten Transport am 27. April 2005 wurde das Kernkraftwerk Stade gleichzeitig kernbrennstofffrei – eine wichtige Voraussetzung für den planmäßigen Rückbau der Anlage im Rahmen der Stilllegung.

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über die in den letzten 15 Jahren insgesamt durchgeführten Transporte bestrahlter Brennelemente aus Leistungsreaktoren zur Wiederaufarbeitung.



Anzahl der Transporte bestrahlter Brennelemente aus deutschen Leistungsreaktoren zur Wiederaufarbeitung von 1990 bis 2005

Die Verringerung des Transportaufkommens nach der Wiederaufnahme der Transporte zu den Wiederaufarbeitungsanlagen im Jahre 2001 ist in Verbindung mit dem o. g. Gesetz und der damit geplanten und in der Folgezeit genehmigten Errichtung von standortnahen Zwischenlagern zu sehen.

Am 30. Mai, 6. und 13. Juni 2005 wurden mit jeweils sechs Transportbehältern der Bauart CASTOR MTR 2 die bestrahlten Brennelemente vom Forschungsreaktor Rossendorf bei Dresden per Straßentransport in das zentrale Brennelementzwischenlager nach Ahaus transportiert. Der Abtransport der bestrahlten Brennelemente des Forschungsreaktors war erforderlich, weil das VKTA Rossendorf über keine Genehmigung zur Zwischenlagerung von Kernbrennstoffen nach § 6 Atomgesetz verfügt.

Aus der staatlichen Verwahrung in Hanau wurde das gesamte SNR-Material des nicht in Betrieb gegange-

nen „Schnellen Brütters“ in Kalkar, verpackt in 228 Einzel-SNR-BE-Behältern (ESBB), zur COGEMA in La Hague/Frankreich transportiert. Dort sollen sie so weiterverarbeitet werden, dass ihr Plutoniumanteil von derzeit 30 % auf 4–5 % reduziert wird und sie in Kernkraftwerken eingesetzt werden können. Für diese Transporte war die Beförderungsgenehmigung des BfS bereits Ende 2004 erteilt worden. Nach dem ersten Transport am 24. November 2004 wurden bis zum 9. Mai 2005 weitere acht Transporte durchgeführt. Die Beförderungsgenehmigung für den Rücktransport von 12 Behältern mit verglasten hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague/Frankreich in das zentrale Zwischenlager in Gorleben wurde vom BfS am 26. Mai 2005 erteilt. Die Durchführung des Transports erfolgte vom 20. bis 22. November 2005.

Neue Akzente setzten die im Zusammenhang mit der Stilllegung von kerntechnischen Anlagen künftig anstehenden Transporte. So nahm die diesbezügliche Beratung von Transportfirmen oder deren Auftraggebern über die zu beachtenden verkehrsrechtlichen Anforderungen bzw. erforderlichen Maßnahmen bei der Beförderung von kontaminierten und/oder bestrahlten Großkomponenten zur Entsorgung von stillzulegenden kerntechnischen Anlagen einen breiten Raum ein.

Die Neuregelung der internationalen Vorschriften zum Transport radioaktiver Stoffe wurde von der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) in der Ausgabe 2005 der Transportempfehlung TS-R-1 veröffentlicht. Diese Neuregelungen werden ab 1. Januar 2007 in die Vorschriften aller Verkehrsträger umgesetzt. Am 1. Januar 2005 traten (mit einer Übergangsfrist von sechs Monaten für die Verkehrsträger Straße und Schiene) die Regelungen der TS-R-1 in der Ausgabe 2003 in Kraft. Hierdurch wurden insbesondere die Forderungen zur Informationspflicht bei Überschreitung von Grenzwerten der Dosisleistung oder der Kontamination in die gefahrgutrechtlichen Vorschriften eingeführt. Diese Pflichten/Maßnahmen waren nach der Feststellung der Kontaminationsgrenzwertüberschreitungen vom Mai 1998 unmittelbar in atomrechtliche Regelungen innerhalb Deutschlands aufgenommen worden und sind nunmehr weltweit in den nationalen und internationalen verkehrsrechtlichen Vorschriften enthalten.

Im nationalen Rahmen ist weiterhin hervorzuheben, dass 2005 die neue Richtlinie R 003 für das Verfahren der Bauartzulassung von Versandstücken zur Beförderung radioaktiver Stoffe, von radioaktiven Stoffen in besonderer Form und gering dispergierbaren Stoffen zur Anwendung gekommen ist. Gleichzeitig wurde auch eine neue Arbeitsgruppe zu Fragen des Transports radioaktiver Stoffe unter Vorsitz des BfS

als Beratungsgremium des Bundesministeriums für Verkehr- Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS) geschaffen, die ihre Arbeit im Juni 2005 aufgenommen hat. Diese Arbeitsgruppe hat die Aufgabe, das BMVBS in sicherheitstechnischen Fragen des Transports radioaktiver Stoffe zu beraten, insbesondere bei der Umsetzung, Anwendung und Weiterentwicklung des Regelwerks.

Statistische Angaben für 2005

Im Jahre 2005 wurden insgesamt 119 Beförderungsgenehmigungen (Einzel-, Mehrfach- und allgemeine Genehmigungen) für Kernbrennstoffe und Großquellen erteilt. Informationen über vom BfS erteilte Beförderungsgenehmigungen werden auf der Homepage des BfS veröffentlicht (www.bfs.de).

Beförderungsvorgänge für Kernbrennstoffe und Großquellen sind den zuständigen Aufsichtsbehörden mindestens 48 Stunden vor ihrer Durchführung zu melden. 2005 wurden 6 Transporte mit Großquellen und 375 Transporte von Kernbrennstoffen durchgeführt. Die Anzahl der Kernbrennstofftransporte verteilt sich wie folgt:

75 Inlandtransporte	
Schiene/bestrahltes Material	0
Schiene/Reststoffe und Abfall	0
Straße/unbestrahltes Material	70
Straße/bestrahltes Material	5
Straße/Reststoffe und Abfälle	0
300 Grenzüberschreitende Transporte	
Luft/unbestrahltes Material	1
Luft/bestrahltes Material	0
See/unbestrahltes Material	80
See/bestrahltes Material	0
See/Reststoffe und Abfälle	4
Schiene/unbestrahltes Material	0
Schiene/bestrahltes Material	2
Schiene/Reststoffe und Abfall	1
Straße/unbestrahltes Material	184
Straße/bestrahltes Material	28
Straße/Reststoffe und Abfälle	0

Entsprechend den gefahrgutrechtlichen Anforderungen wurden durch das BfS 28 Versandstückmusterzulassungen und 14 Anerkennungen ausländischer Zulassungen für Transportbehälter sowie 6 verkehrsrechtliche Beförderungsgenehmigungen erteilt.

ZWISCHENLAGER FÜR ABGEBRANNT BRENNELEMENTE TEMELÍN/TSCHECHISCHE REPUBLIK

Ansprechpartner:

Matthias Beushausen (0 18 88/3 33-19 51)

Am Standort des tschechischen Kernkraftwerks Temelín in der Region Südböhmen plant die ČEZ AG als Betreiberin der Kraftwerksanlage die Errichtung eines Zwischenlagers für abgebrannte Brennelemente. Im Kernkraftwerk Temelín werden pro Jahr in jedem Reaktor ca. 25 % des Brennstoffs ausgewechselt und in Schutzbehältern im Abklingbecken im Containment neben dem Reaktor zur Ableitung der Wärme und zum Abklingen von Aktivität aufbewahrt. Die Kapazität des Abklingbeckens wird voraussichtlich etwa im Jahr 2014 erschöpft sein. Bis zu diesem Zeitpunkt soll ein Standort-Zwischenlager für die Aufnahme der Brennstäbe in geeigneten Behältern bereitstehen. Es ist vorgesehen, das Zwischenlager für die Aufnahme von 1.370 Tonnen Uran in Form von abgebrannten Brennstäben auszulegen. Der geplante Zeitraum für die Zwischenlagerung am Standort Temelín beträgt ca. 60 Jahre. Nach Ablauf dieser Zeit soll der abgebrannte Kernbrennstoff aus dem Zwischenlager in ein dann verfügbares Endlager verbracht werden.



Blick auf das tschechische Kernkraftwerk Temelín
(Foto: Umweltbundesamt Österreich)

Grundlagen

Nach dem tschechischen Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) wurde für das geplante Zwischenlager die UVP in der tschechischen Republik eingeleitet. Zuständige Behörde ist das Umweltministerium der Tschechischen Republik. Das deutsch-tschechische Umweltabkommen beinhaltet die Verpflichtung beider Staaten, geeignete und



Blick auf das geplante Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente am Standort des tschechischen KKW Temelín (Foto: UVE-Konzept/ČEZ)

wirksame Maßnahmen zur Verhütung und Verringerung von erheblichen grenzüberschreitenden Umweltbeeinträchtigungen zu ergreifen. Zudem prüft die Vertragspartei, auf deren Hoheitsgebiet eine Tätigkeit mit erheblichen grenzüberschreitenden Umweltauswirkungen beabsichtigt ist, im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung auch die möglichen Beeinträchtigungen der Umwelt auf dem Hoheitsgebiet der anderen Vertragspartei. Die Umweltverträglichkeitsprüfung erfolgt dabei nach dem geltenden innerstaatlichen Recht (UVP-Gesetz). Das BfS vertritt die Bundesrepublik Deutschland im Rahmen des grenzüberschreitenden UVP-Verfahrens für das geplante Standortzwischenlager für abgebrannte Brennelemente am Standort des Kernkraftwerks Temelín.

Verfahren

Das Verfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung wurde im Jahre 2003 eingeleitet. Im Rahmen der grenzübergreifenden Umweltverträglichkeitsprüfung beteiligten sich die Bundesrepublik Deutschland und die Bundesrepublik Österreich am Verfahren (s. BfS-Jahresbericht 2004).

Im Berichtszeitraum hat das Umweltministerium der Tschechischen Republik die UVP-Dokumentation für das Standort-Zwischenlager Temelín einer gutachterlichen Überprüfung im Hinblick auf Vollständigkeit, Richtigkeit der Angaben und Bewertungsmethoden sowie der Prüfung bedeutender grenzüberschreitender Umweltauswirkungen unterzogen. Bei dieser Begutachtung wurden auch sämtliche vorgebrachten Einwände und Stellungnahmen zur UVP-Dokumentation sowie die Stellungnahme des BfS berücksichtigt. Entsprechend dem nationalen Recht veröffentlichte das tschechische Umweltministerium das Gutachten in der Tschechischen Republik und stellte es den am UVP-Verfahren beteiligten Behörden zu. In der Bun-

desrepublik Deutschland erfolgte die Veröffentlichung des Gutachtens durch das BfS durch Auslegung an den BfS-Standorten und Einstellung der Unterlage in das Internet. Unterstützt wurde das BfS durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz durch Auslegung der Unterlage im Grenzbereich zur tschechischen Republik. Mit einer fachlichen Stellungnahme des BfS erfolgte eine Würdigung des Gutachtens zur UVP-Dokumentation im Hinblick auf die in der Stellungnahme des BfS vom Oktober 2004 dargestellten Auffassungen. Zusammen mit den Einwendungen aus der Bevölkerung wurde die erneute Stellungnahme dem tschechischen Umweltministerium fristgerecht zugeschickt.

Auf Einladung des tschechischen Umweltministeriums nahm das BfS an der öffentlichen Anhörung zur UVP-Dokumentation und zum Gutachten zur UVP-Dokumentation teil. Die Anhörung fand Ende August 2005 in Budweis statt, ca. 30 km von Temelin entfernt. Teilnehmer der Anhörung waren neben Vertretern der zuständigen Abteilung des tschechischen Umweltministeriums Vertreter verschiedener am Verfahren beteiligter tschechischer Behörden sowie der Vorhabensträger (ČEZ AG), seine Gutachter, die Gutachter des Umweltministeriums sowie interessierte Bürger. Im Rahmen der grenzübergreifenden UVP nahm ein Vertreter des BfS für die Bundesrepublik Deutschland sowie Vertreter des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft der Republik Österreich teil.

Mit der Anfertigung einer „Stellungnahme zur Ausführung des Vorhabens“ (abschließender Bescheid) durch das tschechische Umweltministerium wurde das UVP-Verfahren abgeschlossen. Die Entscheidung über die Zulassung des Vorhabens wird in einem späteren Verfahrensschritt von der tschechischen Atomaufsichtsbehörde SUJB getroffen.

DEUTSCHES MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMM (DMF) – EINE ZWISCHENBILANZ

Ansprechpartnerin:

Cornelia Baldermann (0 18 88/3 33-21 41)

Im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF), das zu gleichen Teilen vom BMU und den Mobilfunkbetreibern mit insgesamt 17 Mio. Euro finanziert wird, werden seit 2002 Forschungsvorhaben in den Bereichen Biologie, Dosimetrie, Epidemiologie und Risikokommunikation durchgeführt.

Die Vorhabensbeschreibungen wurden auf der Basis der Ergebnisse zweier Fachgespräche ausgearbeitet und seit 2002 schrittweise vergeben. Der überwiegende Teil der Forschungsprojekte des DMF befindet sich in der Durchführungsphase. Erste Ergebnisse wurden im April 2005 in einem öffentlichen Fachgespräch in Berlin präsentiert, diskutiert und in die internationale wissenschaftliche Diskussion eingebracht. Der hierzu entstandene Tagungsbericht ist im Internet unter www.emf-forschungsprogramm.de/veranstaltungen/tagungsbericht_3fg.html und als BfS-Schrift veröffentlicht. Die einzelnen Forschungsvorhaben, deren Umsetzungsstand sowie bereits vorliegende Zwischen- und Abschlussberichte können auf der Homepage des DMF unter www.emf-forschungsprogramm.de/forschung eingesehen werden. Der derzeitige Bearbeitungsstand sowie einige Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

Bereich Biologische Wirkungen (55 % des Finanzvolumens, 23 Vorhaben, davon 4 in 2005 abgeschlossen):

- Bei lebenslanger Befeldung mit Mobilfunksignalen (GSM- bzw. UMTS) ergaben sich im Tiermodell keine Auswirkungen auf die Überlebensrate und auf die Entstehung und den Verlauf von bösartigen Tumoren des Abwehrsystems des Körpers (Lymphome).
- Die Hypothese, dass sowohl niederfrequente Magnetfelder als auch hochfrequente elektromagnetische Felder zu einer Erniedrigung der Bildungsrate des Hormons Melatonin im Körper führen, wurde in Hirnanhangsdrüsen (isolierte Pinealorgane, Zirbeldrüsen), in denen dieses Hormon gebildet wird, nicht bestätigt.
- Die Machbarkeitsstudien zu „altersabhängigen Wirkungen“ und zur „Schlafstudie rund um Basisstationen“ wurden positiv abgeschlossen und öffneten damit die Wege zu entsprechenden Hauptstudien.

Bereich Dosimetrie (13 % des Finanzvolumens, 13 Projekte, davon 5 in 2005 abgeschlossen):

- Die Projekte befassen sich v. a. mit der Ermittlung der aktuellen Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder, sei es z. B. bei der Mobiltelefonnutzung, sei es in der Umgebung von Mobilfunk-Basisstationen oder auch durch kabellose Übermittlungsverfahren in Haushalt und Büro.
- Bei der alltäglichen Nutzung von GSM-Handys zeichnet sich ab, dass die Sendeleistung in normalen Gesprächssituationen häufiger als erwartet auf den Maximalwert hochgeregelt wurde. Unter diesem Gesichtspunkt erscheint der SAR-Wert als Kriterium für den „Blauen Engel“ nach wie vor sinnvoll.

Bereich **Epidemiologie** (23 % des Finanzvolumens, 8 Projekte, davon 4 in 2005 abgeschlossen):

- Die Machbarkeitsstudie zur einer international geplanten epidemiologischen Studie an Handynutzern erbrachte eine zu geringe Beteiligung der Bevölkerung (nur 5 % der Angeschriebenen), so dass unter diesen Voraussetzungen eine Hauptstudie als finanziell nicht tragbar bewertet wurde.
- Derzeit starten 2 epidemiologische Studien an Kindern (1. Kinderleukämie rund um leistungsstarke Sendeanlagen und 2. Akute Gesundheitseffekte durch Mobilfunk bei Kindern).
- Die Entwicklung von Personendosimetern hat sich als langwierig erwiesen. Erst in diesem Jahr ist der Einsatz von Dosimetern für die Ermittlung der Feldintensitäten hochfrequenter elektromagnetischer Felder möglich, so dass in zwei Forschungsprojekten (1. Querschnittsstudie rund um Basisstationen und 2. akute Gesundheitseffekte bei Kindern) nun erstmals Personendosimeter für die Expositionserfassung der Studienteilnehmer eingesetzt werden.
- Die multinationale INTERPHONE-Studie, bei der Krebserkrankungen im Kopfbereich untersucht werden, ist in der Abschlussphase. Einzelne Länderergebnisse mit z. T. sehr geringen Fallzahlen wurden bereits veröffentlicht. Dabei zeigte sich bei einer Handynutzungsdauer von bis zu 10 Jahren keine Erhöhung des Risikos, an Hirntumoren zu erkranken. Bei einer Nutzungsdauer von mehr als 10 Jahren kann eine Risikoerhöhung derzeit nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der sehr geringen Fallzahlen ist eine belastbare Bewertung allerdings erst nach Auswertung der gepoolten Daten (ca. Mitte 2006) möglich.

Bereich **Risikokommunikation** (9 % Finanzvolumen, 7 Projekte, davon 2 in 2005 abgeschlossen):

- Jährliche Umfragen zur Wahrnehmung des Mobilfunks lassen bisher keine Tendenzen erkennen. Die Zahl der Besorgten und Beeinträchtigten

bleibt etwa konstant (ca. 8–10 % der deutschen Bevölkerung bezeichnet sich als „durch elektromagnetische Felder gesundheitlich beeinträchtigt“).

Durch eine repräsentative Umfrage konnten anhand der Aspekte Vertrauen in den Staat, Persönlichkeit, Handynutzung, mobilfunkbezogenes Informationsbedürfnis sowie Risikoeinstellung 5 zentrale Zielgruppen für die Ausrichtung von Informationsmaßnahmen im Bereich Mobilfunk identifiziert werden (s. folgender Beitrag).

RISIKOWAHRNEHMUNG UND RISIKOKOMMUNIKATION BEIM MOBILFUNK

Ansprechpartnerin:

Christiane Pölzl (0 18 88/3 33-21 44)

Fehlende Information über die Prozesse und Entscheidungen der Netzbetreiber und der zuständigen Behörden sowie mangelndes technisches Wissen der Bevölkerung haben in hohem Maß zu dem bisherigen kontroversen Diskursverlauf im Bereich Mobilfunk beigetragen.

Die Risikowahrnehmung im Bereich Mobilfunk und Möglichkeiten zur Verbesserung der Risikokommunikation sind deshalb Schwerpunktthemen im Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF). Für das DMF wurde der „Runde Tisch zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm“ eingerichtet. Er setzt sich aus Vertretern von Wissenschaft, Behörden und Interessenverbänden zusammen und berät das BfS hinsichtlich einer optimalen Kommunikation der wissenschaftlichen Erkenntnisse und der bestmöglichen Transparenz der Abwicklung des Verfahrens gegenüber der Öffentlichkeit.

Maßnahmen für verstärkte Information und Einbeziehung der Öffentlichkeit wurden in der Vergangenheit von zahlreichen Akteuren ergriffen. Man ist sich z. B. der Notwendigkeit bewusst, wissenschaftliche Erkenntnisse so darzustellen, dass sie auch für die interessierte Öffentlichkeit verständlich sind. Die Öffentlichkeit stellt jedoch in Bezug auf die Wahrnehmung und Verarbeitung von Informationen keine Einheit dar. Viele Faktoren können hier beeinflussend wirken, wie z. B. demografische Merkmale, Art und Ausmaß der Handynutzung, das Interesse an der Thematik Mobilfunk etc. Aus diesem Grund wurde in einem Forschungsvorhaben im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms untersucht, ob und wenn ja welche zentralen Zielgruppen für Informations- und Kommunikationsmaßnahmen im

Bereich Mobilfunk innerhalb der deutschen Bevölkerung identifiziert werden können. Die zunächst durchgeführte Untersuchung aktueller Konsumenten- bzw. Marktforschungsansätze zeigte, dass die in diesem Rahmen beschriebenen Personentypen für die Verbesserung der Informationsmaßnahmen im Bereich Mobilfunk nicht aussagekräftig genug sind. Es wurde daher ein eigener, auf das Thema „Mobilfunk und Gesundheit“ abgestimmter Fragenkatalog entwickelt, der Grundlage für eine für Deutschland repräsentative telefonische Bevölkerungsbefragung an 1000 Personen ab einem Alter von 14 Jahren war. Die Befragten wurden zu ihren Einschätzungen zu technischen Innovationen, den damit verbundenen Risikopotenzialen, zum Komplex Mobilfunk/elektromagnetische Felder, zum einschlägigen Informationsstand, zu Lebenseinstellungen, Verhaltens- bzw. Kommunikationsweisen etc. befragt.

Auf Basis der erhobenen Daten wurde eine Clustering (Bildung von Gruppen anhand statistischer Verfahren) anhand der Merkmale Mobilfunknutzung, Informationsverhalten, Persönlichkeitsstruktur, allgemeine und mobilfunkspezifische Risikoeinstellung, Vertrauen in den Staat und Soziodemografie durchgeführt. Auf diese Weise wurden fünf Zielgruppen erzeugt. Für jede der Zielgruppen ergibt sich ein Spektrum von Merkmalsausprägungen, welches sich von dem anderer Zielgruppen unterscheidet. Personen innerhalb einer Zielgruppe sind sich hinsichtlich ihrer Ausprägungen der oben genannten Merkmale so ähnlich wie möglich.

Zielgruppe 1: Sorglose interessierte Vielnutzer (23 % der Befragten). Diese Gruppe ist insgesamt sehr interessiert. Die Mitglieder halten die Diskussion um gesundheitliche Auswirkungen des Mobilfunks zwar für berechtigt, sie interessiert sie jedoch nicht mehr als andere aktuelle Themen. Die Ansprache sollte eher mit reinem Faktenwissen erfolgen, das sie selbst interpretieren können, als mit Ratschlägen.

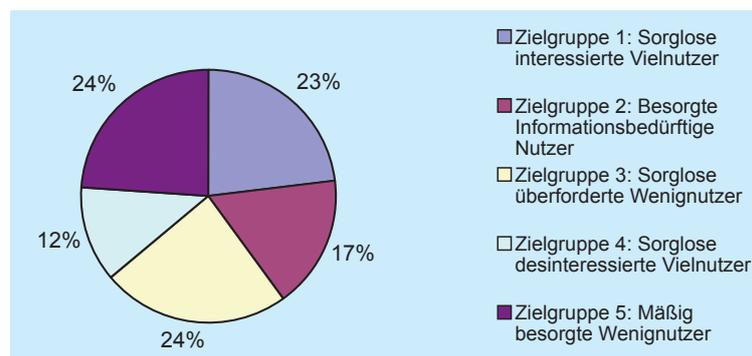
Zielgruppe 2: Besorgte informationsbedürftige Nutzer (17 %). Deren zurückhaltende Handynutzung lässt sich vor allem auf gesundheitliche Bedenken zurückführen. Diese Gruppe ist eher misstrauisch gegenüber Politikern, Behörden und der Industrie und insofern von offizieller Seite schwer zu erreichen.

Zielgruppe 3: Sorglose überforderte Wenignutzer (24 %). In dieser Gruppe, in der sich eher ältere Menschen befinden, gibt es die meisten Nichtnutzer. Die Gruppe hat zwar Vertrauen in den Staat, ist aber insgesamt eher informations- und bildungsfern und daher schwer zu erreichen.

Zielgruppe 4: Sorglose desinteressierte Vielnutzer (12 %). Typische Vertreter dieser Gruppe sind männli-

che Nutzer unter 21 Jahren, die besonders sorglos mit dem Mobilfunk umgehen. Sie verwenden ihr Mobiltelefon am häufigsten und verbinden damit in der Regel kein gesundheitliches Risiko. Sie sind zwar eher desinteressiert, weisen aber eine neutrale Einstellung gegenüber Behörden auf.

Zielgruppe 5: Mäßig besorgte Wenignutzer (24 %). Sie setzen ihr Handy nur in besonderen Situationen ein und stehen der Diskussion um gesundheitliche Folgen des Mobilfunks aufgeschlossen, aber neutral gegenüber. Aufgrund der eher negativen Einstellung gegenüber dem Staat dürfte sich die Ansprache schwierig gestalten.



Anteil der Zielgruppen in der Gesamtbevölkerung

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass eine Kombination zahlreicher personenbezogener Merkmale für eine zielgruppenspezifische Ausgestaltung von Informations- und Kommunikationsmaßnahmen im Bereich Mobilfunk von Bedeutung ist. Einzelne Merkmale wie z. B. Mobilfunknutzung oder demografische Merkmale wie Alter oder Bildung haben hingegen nur eine eingeschränkte Aussagekraft. Die Identifikation und Beschreibung der Zielgruppen hinsichtlich der sie charakterisierenden Merkmale bietet eine fundierte Grundlage für die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit des BfS, die Informationsmaßnahmen gezielter und angemessener auf einzelne Zielgruppen auszurichten. Von Interesse ist dabei insbesondere die jeweilige Kombination aus bevorzugtem Informationsverhalten bzw. Informationsmedium und die Wahrnehmung der Mobilfunkthematik durch die Zielgruppen.

Nähere Informationen zu dem Forschungsvorhaben sind unter www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/risikokommunikation einzusehen.

DIE BEDEUTUNG DER UV-STRAHLUNG FÜR DIE VITAMIN-D-PRODUKTION

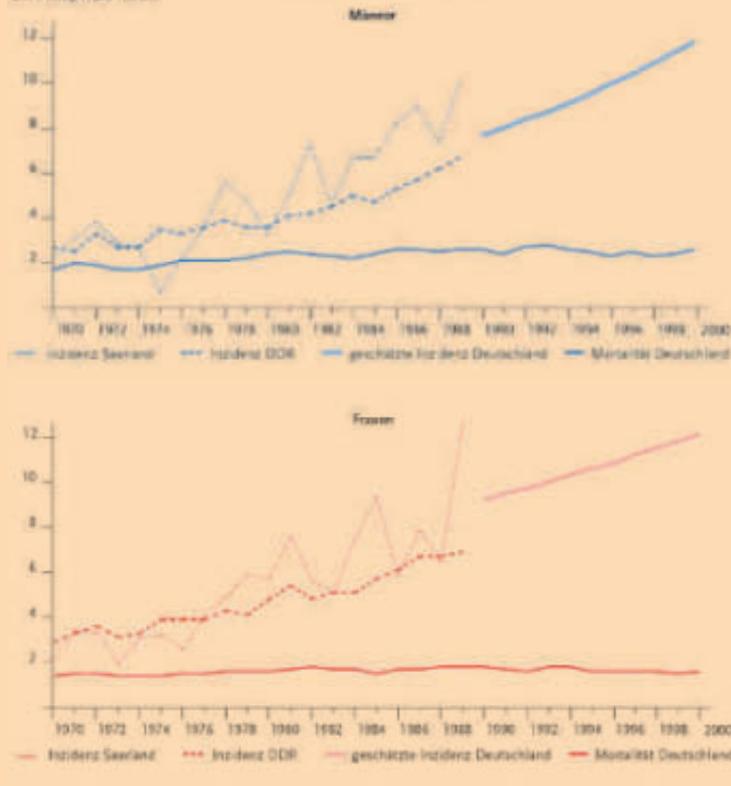
Ansprechpartnerin:

Gunde Ziegelberger (0 18 88/3 33-21 42)

Die ultraviolette (UV)-Strahlung ist der energiereichste Teil der optischen Strahlung. Abgesehen von bestimmten Arbeitsplätzen ist die Bevölkerung dieser Strahlung vor allem durch die Sonne oder bei Besuch eines Solariums ausgesetzt. Die gesundheitsschädigenden UV-Wirkungen wie z. B. der Sonnenbrand, Hautkrebserkrankungen, die Trübungen der Augenlinse oder Entzündungsprozesse sind seit Jahren nachgewiesen und inzwischen in der Bevölkerung auch weitgehend bekannt. Dennoch steigen die Neuerkrankungen an Hautkrebs in Deutschland weiterhin an, bedingt durch das veränderte Freizeitverhalten und den stetig steigenden „UV-Konsum“. (siehe Abb. unten). Daher werden vom BfS wie auch von vielen anderen nationalen und internationalen Strahlenschutzorganisationen regelmäßig und zum Teil mit großem Aufwand Informationskampagnen zur Vermeidung übermäßiger UV-Exposition durchgeführt.

Malignes Melanom der Haut

Alterstandardsindizierte Inzidenz und Mortalität in Deutschland 1970-2000
Fälle pro 100.000



Die Zahl der an bösartigem, schwarzem Hautkrebs neu erkrankten Männer und Frauen (Zahl der Fälle pro 100.000 Einwohner) steigt seit Jahrzehnten stetig an. Demgegenüber ist die Zahl der Todesfälle auf Grund von Früherkennung und verbesserter medizinischer Versorgung etwa gleichbleibend.

Inzidenz und Mortalität nach Altersgruppen, Deutschland 2000

Fälle pro 100.000

Alter in Jahren	Männer		Frauen	
	Inzidenz	Mortalität	Inzidenz	Mortalität
bis unter 45	4,3	0,5	7,5	0,4
45 bis unter 60	20,0	3,5	19,9	2,1
60 bis unter 75	33,1	7,8	24,2	5,0
75 und älter	39,0	16,0	27,6	9,9
Insgesamt	13,3	2,9	14,6	2,4

Krebs in Deutschland. 4. überarbeitete, aktualisierte Ausgabe.

Arbeitsgemeinschaft Bevölkerungsbezogener Krebsregister in Deutschland. Saarbrücken, 2004

Den Gesundheitsrisiken einer übermäßigen UV-Be-strahlung steht eine gesundheitsfördernde Wirkung geringer Sonnenexposition gegenüber. Ultraviolett B bewirkt in der Haut die Produktion von Pro-Vitamin D₃, welches die Kalziumspiegel im Blut reguliert und eine bedeutende Rolle beim Aufbau und Erhalt des Knochengewebes spielt. Zudem lieferten neuere epidemiologische Studien Hinweise, dass einige Krebsarten (Darmkrebs, aber auch Brust- und Prostatakrebs) im Zusammenhang mit Vitamin-D-Mangel stehen. Auch wenn diese beobachteten Assoziationen durch experimentelle Studien bisher nicht belegt und die zugrunde liegenden Mechanismen unbekannt sind, ist es notwendig, alle möglichen Wirkungen der Umwelttoxine UV zu berücksichtigen und bei gegenläufigen Auswirkungen gegeneinander abzuwiegen. Bisher hatten jedoch Strahlenschutz- und Vitamin-D-Experten wenig Kontakt miteinander, so dass z. T. widersprüchliche Empfehlungen vorlagen, wodurch Risikokommunikation und Vorsorgemaßnahmen erheblich erschwert wurden.

Im Oktober 2005 organisierte die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP), zusammen mit der Weltgesundheitsorganisation (WHO), EUROSKIN und dem BfS, einen internationalen Workshop zu diesem Themenkomplex. Ziel des Workshops war es, den wissenschaftlichen Kenntnisstand zu UV- und Vitamin-D-Wirkungen zusammenzufassen und eine Empfehlung zur Sonnenexposition zu erarbeiten, die den gesundheitlichen Risiken und Nutzen von UV und Vitamin D gerecht wird.

Auf die Frage, welcher Vitamin-D-Spiegel als optimal angesehen wird, gab es keine einfache und eindeutige Antwort. Um das Risiko für Osteoporose zu reduzieren, wurde 75 nmol/l im Blut als Minimum diskutiert. Leider besteht bisher nur eine spärliche Datenlage zum optimalen Vitamin-D-Status einzelner Bevölkerungsgruppen (Kinder, Schwangere, ältere Menschen, Patienten u. a.), weshalb auf dem Workshop auch mehrfach Forschungsbedarf formuliert wurde. So wurden u. a. klinische Studien empfohlen,

um einen ursächlichen Zusammenhang zwischen verschiedenen Krebsarten und Vitamin-D-Mangel nachzuweisen. Körperliche Aktivitäten scheinen einen positiven Einfluss auf Brust-, Prostata-, Eierstock- und Darmkrebs auszuüben. Da für viele Menschen körperliche Leistungen jedoch gleichzusetzen sind mit Aktivitäten im Freien, bleibt zu klären, ob die positiven Effekte tatsächlich auf die sportlichen Tätigkeiten zurückzuführen sind oder aber auf eine Erhöhung der Vitamin-D-Produktion durch UV-Exposition.

Auch auf die Frage, wie man Vitamin-D-Mangel am besten korrigiert, gab es mehr offene Fragen als klare Antworten. Bisher wurde für unsere Breitengrade eine Sonnenexposition von wenigen Minuten pro Tag am Kopf und an den Händen als ausreichend angesehen. Es gibt aber auch hier kaum Daten, z. B. zu individuellen Unterschieden (Hauttypabhängigkeit) oder zur Häufigkeit der Exposition. Die natürliche Nahrung gewährleistet normalerweise keine ausreichende Vitamin-D-Versorgung. Es wurden daher von einigen Experten, v. a. für die nördlichen Breitengrade, tägliche Vorsorgemaßnahmen empfohlen. Da aber hohe Vitamin-D-Spiegel die Gefahr eines erhöhten Kalziumgehaltes mit sich bringen, sind auch hier pharmazeutische Studien notwendig, um mögliche negative Wirkungen einer Überdosierung auszuschließen. Es bestand weitgehende Übereinstimmung, dass eine Zugabe von Vitamin D zu bestimmten Nahrungsmitteln den Vitamin-D-Tabletten vorzuziehen ist. Dies würde die Gefahr einer Über-

dosierung reduzieren, eine flächendeckende Versorgung gewährleisten und keine zusätzliche finanzielle Belastung darstellen. Eine Vitamin-D-Anreicherung in Nahrungsmitteln ist in Deutschland derzeit nicht zulässig. In anderen Ländern wird diese Maßnahme aber bereits praktiziert: in Finnland bei Milchprodukten, in den USA bei Vitamin-D-angereicherter Milch.

Auf dem Workshop wurde auch diskutiert, ob Solarienbesuche eine geeignete Methode zur Deckung des Vitamin-D-Bedarfs darstellen. Da üblicherweise bei der Solariennutzung die für die Vitamin-D-Produktion notwendige Dosis um ein Vielfaches überschritten wird und somit das Hautkrebsrisiko im Vordergrund steht, wurden Solarien von der überwiegenden Mehrheit der Teilnehmer als ungeeignete Vitamin-D-„Quelle“ bewertet.

Auch Kommunikationsaspekte wurden von Strahlenschutzexperten auf dem Workshop diskutiert. Damit Verhaltensempfehlungen angenommen werden, müssen diese verständlich und einfach sein und dennoch den unterschiedlichen Bedingungen, v.a. Hauttyp und Standort (Breitengrad), gerecht werden. Hier hat sich der UV-Index als geeignete Informationsform bewährt (siehe www.bfs.de). Es bestand große Übereinstimmung, dass körperliche Aktivitäten im Freien als gesundheitsfördernd und entsprechende Sonnenschutzmaßnahmen bei UV-Indizes höher als 3 empfohlen werden sollen.

DAS NETZWERK FÜR BIOLOGISCHE DOSIMETRIE

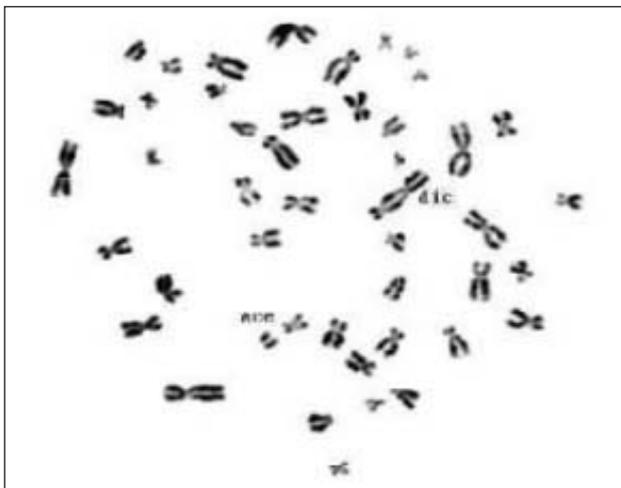
Ansprechpartner:

Ursula Österreicher (0 18 88/3 33-22 13)

Horst Romm (0 18 88/3 33-22 14)

Nach einem großen Strahlenunfall oder terroristischen Anschlag mit einer großen Anzahl an potenziell bestrahlten Personen stellt die Triage (Klassifizierung der Unfallopfer nach dem Schweregrad der Strahlenexposition) einen wichtigen ersten Schritt für die medizinische Versorgung der Bestrahlten dar. Hierbei spielen die klinischen Symptome der Betroffenen zunächst die entscheidende Rolle, dosimetrische Aspekte sind von untergeordneter Bedeutung. Im weiteren Verlauf der Versorgung werden jedoch genauere Angaben zur Höhe und Art der Strahlenbelastung benötigt. Dies ist notwendig, um die medizinische Behandlung auf eine möglichst fundierte Expositionsbestimmung gründen zu können. Auch für die Abschätzung des mit der Strahlenexposition verbundenen Krebsrisikos sind verlässliche Dosisangaben notwendig. Hier ist die biologische Dosimetrie für eine konkretisierende Dosisabschätzung auf individueller Ebene die Methode der Wahl.

Grundsätzlich stehen nach einer akuten Strahlenexposition für die biologische Dosimetrie die beiden etablierten Methoden der Analyse dizentrischer Chromosomen und Mikrokerne zur Verfügung. Die Methode der Wahl ist die Analyse dizentrischer Chromosomen, da das dizentrische Chromosom natürlich selten vorkommt, charakteristisch für Strahlung ist und anhand seiner Verteilung auf die Zellen eine bessere Unterscheidung zwischen Ganz- und Teilkörperexposition ermöglicht. Werden durch die Unfallsituation möglicherweise sehr viele Personen (>1000 Personen) exponiert, kann auch der Mikrokerntest durchgeführt werden.



Metaphase mit strukturellen Chromosomenaberrationen, dizentrisches Chromosom (dic) und assoziiertes azentrisches Fragment (ace)

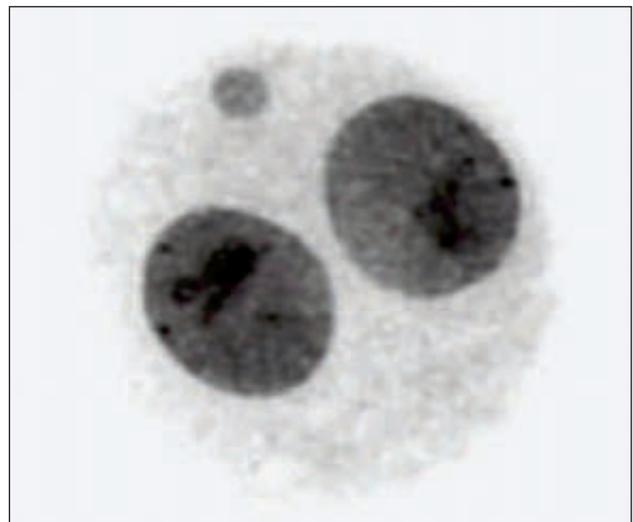
Für die Chromosomenanalyse und den Mikrokerntest wird Blut aus der Armvene benötigt, die Blutentnahme sollte zeitnah nach der Bestrahlung erfolgen. Bei der Analyse werden nur Zellen mit vollständigem Chromosomensatz berücksichtigt.

Dizentrische Chromosomen sind an zwei Einschnürungen (Zentromeren) zu erkennen. Sie entstehen durch Bruchereignisse in zwei Chromosomen und werden in der Regel von Chromosomenbruchstücken ohne Zentromer (azentrische Chromosomen) begleitet. Für eine zuverlässige Dosisabschätzung existieren laboreigene Kontrolldaten von gesunden, nicht strahlenexponierten Personen und Kalibrierkurven für verschiedene Strahlenqualitäten.

Im Falle eines großen Strahlenunfalls ist beabsichtigt, für eine schnelle und zuverlässige Abschätzung von hohen Strahlendosen (> 1 Gy) pro Person zunächst 50 Zellen zu analysieren bzw. maximal bis eine Anzahl von 30 dizentrischen Chromosomen erreicht ist. Diese Vorgehensweise erlaubt eine vorläufige individuelle Dosisabschätzung mit einer Unsicherheit von $\pm 0,5$ Gy und kann dadurch die anfänglich durchgeführte klinische Triage ergänzen und unterstützen. Zu einem späteren Zeitpunkt besteht die Möglichkeit, bei Bedarf im Einzelfall durch eine Aufstockung der Zellzahl die Expositions-dosis genauer zu bestimmen.

Nach Strahleneinwirkung können durch Bruchereignisse in den Chromosomen oder Fehlverteilung sog. Mikrokerne entstehen (Abb. unten rechts), die in Zellen mit zwei Zellkernen (binuklearen Zellen) beobachtet werden. Beim Mikrokerntest wird die Strahlung anhand der Häufigkeit der Mikrokerne nachgewiesen.

Die Auswertung von Mikrokerne erfordert weniger geschultes Personal und geht in der Regel schneller als der Nachweis von dizentrischen Chromosomen. Die Aussagekraft der Mikrokerntechnik ist der Chro-



Binukleare Zelle mit einem Mikrokerneln

mosomenanalyse allerdings unterlegen. Nach einem großen Strahlenunfall ist beabsichtigt, für eine schnelle Dosisabschätzung 200 binukleare Zellen pro Person auszuwerten.

Das Netzwerk

Damit die biologische Dosimetrie nach einem Strahlenunfall auch bei einer großen Anzahl betroffener Personen durchgeführt werden kann, ist es notwendig, fachkundige biologische Dosimetrielaboratorien miteinander zu vernetzen, welche dann gemeinsam die Blutproben auf strahleninduzierte zytogenetische Schäden analysieren. Einzelne Laboratorien sind für eine derartige Analyse aufgrund der begrenzten Ressourcen von geschultem Personal in der Regel zu klein. Aus diesem Grund wurde ein Netzwerk für biologische Dosimetrie zwischen der Health Protection Agency (HPA, Großbritannien), dem Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN, Frankreich) und dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS, Deutschland) aufgebaut, um die Kapazität insgesamt zu erhöhen und flexibel auf Ereignisse reagieren zu können. Weitere europäische Staaten haben Interesse, sich an dem Netzwerk zu beteiligen.

Die in einem Ereignisfall mit radiologischen Auswirkungen auf eine größere Zahl von Personen jeweils leitende Funktion im Netzwerk hat das Labor, in dessen Land das Ereignis stattgefunden hat. Dieses Labor wird entscheiden, ob und in welchem Umfang das Netzwerk aktiviert wird. Alle Ergebnisse laufen in diesem Labor zusammen und werden dort zusammengefasst. Dieses Labor ist auch zentraler Ansprechpartner für die behandelnden medizinischen Einrichtungen.

Durch vor kurzem eingeleitete Ringversuche soll sichergestellt werden, dass der Versand von Blutproben zwischen den Einrichtungen zuverlässig gewährleistet ist und die Kriterien für die Analysen der beteiligten Gruppen übereinstimmen. Die bisher im Rahmen von Kooperationen gewonnen positiven Erfahrungen können hierbei genutzt werden.

SICHERHEITSÜBERPRÜFUNG VON KERNKRAFTWERKEN

Ansprechpartner: Rudolf Görtz (0 18 88/3 33-15 40)

Hintergrund

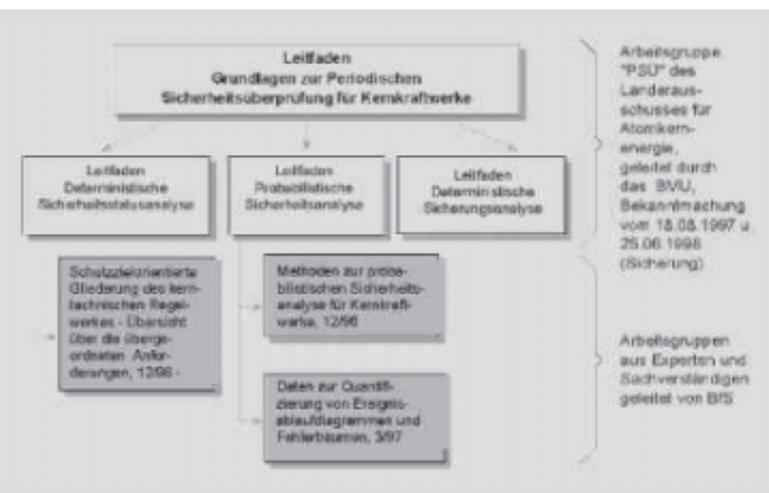
Am 14. Juni 2000 haben die Bundesregierung und deutsche Energieversorgungsunternehmen vereinbart, die Nutzung der Kernenergie zur gewerblichen Stromerzeugung in Deutschland geordnet zu beenden. Es ist wesentlicher Bestandteil dieser Vereinbarung, dass auch während der Restlaufzeiten der vom Gesetz geforderte hohe Sicherheitsstandard der Kernkraftwerke weiter gewährleistet wird. Durch die Novelle des Atomgesetzes (AtG) vom 22. April 2002 wurde die Ausstiegsvereinbarung rechtlich umgesetzt. Im § 19a des AtG wird die Durchführung von Sicherheitsüberprüfungen (SÜ) und die Vorlage der Ergebnisse zu festgelegten Terminen gefordert.

Eine solche Sicherheitsprüfung erfolgt ergänzend zu der ständigen behördlichen Aufsicht, der ein Kernkraftwerk während des Betriebs unterliegt. Diese erfolgt durch die jeweils zuständige Landesbehörde, die – unterstützt durch externe Gutachter – die Einhaltung der in der Genehmigung festgelegten Bedingungen für den Betrieb der Anlage überwacht, u. a. durch Bewertung vom Betreiber durchgeführter wiederkehrender technischer Prüfungen und deren Ergebnisse sowie durch eigene Inspektionen. Im Gegensatz zur ständigen Aufsicht soll die Sicherheitsüberprüfung ein umfassendes Bild von der Sicherheit der Anlage liefern und insbesondere eine Beantwortung der Frage erlauben, inwieweit das Sicherheitsniveau der Anlage, die in der Regel zum Prüfungszeitpunkt seit mehr als zehn Jahren in Betrieb ist, hinter den Anforderungen der neuesten Vorschriften zurückbleibt. Auf dieser Grundlage kann dann entschieden werden, ob und in welchem Umfang Sicherheitsverbesserungen – zum Beispiel durch technische Nachrüstungen oder durch Verbesserungen von Betriebsvorschriften – erforderlich sind. Um zu einem solchen umfassenden Bild der Sicherheit der Anlage zu gelangen, werden drei Teilanalysen durchgeführt. Zunächst wird die Betriebserfahrung der zurückliegenden Jahre ausgewertet. Dazu gehören u. a. meldepflichtige Ereignisse und Prüfergebnisse. Insbesondere wird hinterfragt, ob sich die Anlagentechnik im Betrieb bewährt hat. Zu dieser ersten Teilanalyse gehören auch rechnerische Untersuchungen zur Störfallbeherrschung nach dem neuesten Stand. In einem zweiten Analyseteil – der sogenannten probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) – werden die Wahrscheinlichkeiten von Ereignisabläufen, die zu Unfällen – insbesondere auch zu Freisetzungen radioaktiver Stoffe – führen können, ermittelt. In einer

dritten Teilanalyse wird die Sicherheit der Anlage gegen Sabotage und terroristische Angriffe überprüft.

Ausgangspunkt: Leitfäden zur PSÜ

Bund und Länder sind übereingekommen, die Unterlagen für die SÜ, ausgehend von den bestehenden Leitfäden für die Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ), zu entwickeln. Diese wurde vor der AtG-Novelle von den Betreibern auf freiwilliger Basis durchgeführt. Die Leitfäden regeln „Grundlagen der PSÜ“, die deterministische Sicherheitsstatusanalyse und die probabilistischen Analysen. Unterhalb der Ebene dieser behördlichen Leitfäden, welche die wesentlichen Vorgaben bezüglich Analyseumfang, Ergebnisdarstellung und -bewertung umfassen, werden technische Regelungen von Expertengruppen, bestehend aus Herstellern, Gutachtern, Betreibern und beratenden Firmen erarbeitet. Die Expertengruppen und ihre Arbeitskreise werden vom BfS geleitet, die technischen Dokumente sind als BfS-Berichte verfügbar. („Methoden- und Datenband PSA“ sowie die „schutzzielorientierte Gliederung des kerntechnischen Regelwerks“). In der folgenden Darstellung ist eine Übersicht über diese hierarchisch aufgebaute Unterlagenstruktur gegeben.



Übersicht über die Unterlagenstruktur zur Sicherheitsüberprüfung

Behördliche Vorgaben für Aktualisierung und Erweiterung

Wesentliche Neuerungen bzw. Erweiterungen gegenüber dem früheren Leitfaden sind die Einbeziehung von Anlagenzuständen außerhalb des Leistungsbetriebs, die Berücksichtigung von Einwirkungen von Außen sowie die Erweiterung auf Analysen der Stufe 2. Während die PSA der Stufe 1 mit der Bestimmung der Häufigkeit von Kernschadenszuständen (z. B. 1-mal in 200.000 Jahren) endet, werden bei einer PSA der Stufe 2, ausgehend von den Kernschadenszuständen, die möglichen weiteren Ereignisabläufe mit Kernschmelzen bis zur Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Anlagenumgebung analysiert. Ergebnisse der Analyse sind Art und Zeitbereiche des

Barriereversagens sowie die Häufigkeiten von Anlagenschadenszuständen in Verbindung mit dem jeweiligen Ort und der Menge der freigesetzten radioaktiven Stoffe.

Aufgaben des BfS

Das BfS hat den Beratungsprozess zwischen Bund und Ländern durch Fertigung eines ersten Entwurfs des Leitfadens, der Beteiligung an den Beratungen sowie der Nachführung des Entwurfs an den Beratungsgang unterstützt.

Wie bei der PSÜ hat der vom BfS koordinierte Facharbeitskreis Probabilistische Sicherheitsanalyse (FAK PSA) die Erarbeitung der Unterlagen zu den Methoden und Daten für die PSA übernommen. Hierzu war die Einrichtung einer Vielzahl von Arbeitsgruppen erforderlich, die wiederum vom BfS koordiniert wurden.

Bewertung und Ausblick

Als Beispiel für den erweiterten und aktualisierten Analyseumfang ist die externe Überflutung (z. B. Hochwasser) zu nennen. Während die Anlagen im Zuge der Errichtung gegen das maximal in hundert Jahren zu erwartende Hochwasser ausgelegt wurden, wird nunmehr eine Analyse gefordert, die selbst noch Ereignisse einbezieht, die im Mittel in zehntausend Jahren einmal zu erwarten sind. Dies ist nur unter Verwendung modernster statistischer Extrapolationsverfahren möglich.

Auch bezüglich der zu verwendenden Daten wurden zahlreiche Neuerungen und Erweiterungen vorgenommen. Ein Beispiel hierfür ist die Neuberechnung von Wahrscheinlichkeiten für Ausfälle aus gemeinsamer Ursache (Beitrag S. 52). Durch derartige Ausfälle können mehrfach vorhandene Sicherheitseinrichtungen durch eine einzige Fehlerursache bei Bedarf nicht verfügbar sein, beispielsweise die typisch vierfach vorhandenen Notstromdiesel infolge der Verwendung eines falschen Schmiermittels bei Wartungsmaßnahmen. Insgesamt wurde gegenüber früheren Sicherheitsüberprüfungen im Bereich der probabilistischen Analysen ein erheblich erweiterter und genauer beschriebener Analyseumfang festgelegt. Dieser Aufwand ist allerdings dadurch mehr als gerechtfertigt, dass auf diesem Wege ein präziseres Bild der Sicherheit der Anlagen resultiert und somit zielgerichtet der Frage erforderlicher Sicherheitsverbesserungen nachgegangen werden kann.

Der vereinbarte Ausstieg aus der friedlichen Nutzung der Kernenergie bedeutet kein „Einfrieren“ von Sicherheitsstandards. Die SÜ ist aus behördlicher Sicht ein wichtiges Instrument dafür, dass auch während der Restlaufzeiten der Kernkraftwerke dem dynamischen Charakter der Sicherheitsvorsorge Rechnung getragen wird.

MELDEPFLICHTIGE EREIGNISSE IN KERN-TECHNISCHEN EINRICHTUNGEN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND IM JAHR 2005

Ansprechpartner:

Matthias Reiner (0 18 88/3 33-15 70)

Störfälle und andere wesentliche Ereignisse in kerntechnischen Anlagen müssen von deren Betreibern an die jeweils zuständigen Landesaufsichtsbehörden gemeldet werden. Grundlage hierfür ist die Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung (AtSMV). Zusätzlich werden diese Ereignisse nach der Internationalen Bewertungsskala für Ereignisse in kerntechnischen Einrichtungen (INES) hinsichtlich ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung eingestuft. Das deutsche Meldeverfahren und die internationale INES-Skala wurden im BfS-Jahresbericht 2002 (Seiten 43 ff.) ausführlich erläutert.

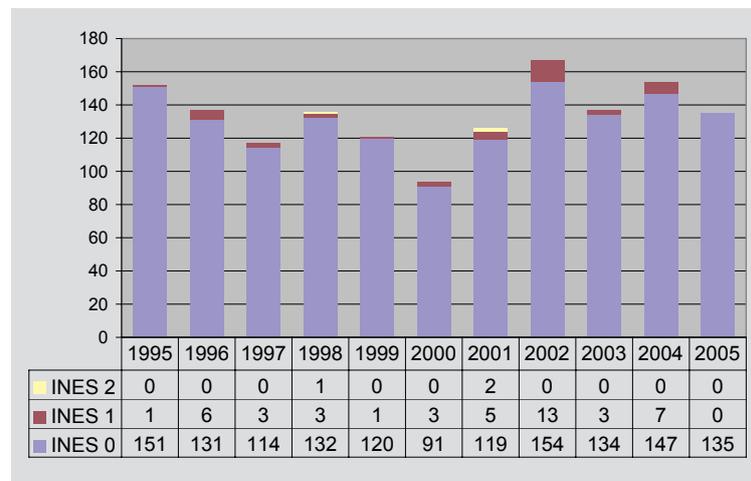
Die AtSMV mit den Meldekriterien für meldepflichtige Ereignisse ist im Oktober 1992 verabschiedet worden, ergänzend dazu wurden Erläuterungen zu den Meldekriterien erstellt. Diese Erläuterungen sind immer im Zusammenhang mit den entsprechenden Meldekriterien zu lesen und geben dem Anwender ergänzende handhabbare Maßstäbe und Beispiele. Sowohl die Meldekriterien als auch die Erläuterungen haben sich seit ihrer Einführung bewährt, zum Abbau von Interpretationsspielräumen wurden jedoch die Erläuterungen für Kernkraftwerke 1997 und zuletzt 2004 präzisiert. Gegenwärtig werden die Meldekriterien der AtSMV mit dem Ziel einer Überarbeitung bzw. Neufassung in den Arbeitskreisen und Ausschüssen des Bund-Länderausschusses für Atomkernenergie diskutiert.

Der Störfallmeldestelle des BfS obliegt es, alle meldepflichtigen Ereignisse, die in kerntechnischen Einrichtungen (Kernkraftwerke, Forschungsreaktoren, Anlagen der Kernbrennstoffver- und -entsorgung) auftreten, zu erfassen, zu dokumentieren und für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) auszuwerten. Das BfS unterstützt damit das BMU bei der Unterrichtung der Öffentlichkeit über solche Ereignisse und trägt durch systematische Auswertung dazu bei, dass Störungen im Betriebsablauf in kerntechnischen Einrichtungen bereits im Vorfeld vermieden werden können. Die von der Störfallmeldestelle erstellten Berichte über meldepflichtige Ereignisse sind auf der Internet-Homepage des BfS abrufbar www.bfs.de/kerntechnik/ereignisse/berichte.

Das nachfolgende Diagramm zeigt eine Übersicht über die in den Jahren 1995 – 2005 aus den deutschen Kernkraftwerken gemeldeten meldepflichtigen

Ereignisse, aufgeschlüsselt entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung in den einzelnen INES-Stufen. Ereignisse mit einer INES-Einstufung oberhalb der Stufe 2 sind in deutschen Kernkraftwerken bisher nicht aufgetreten.

Wie aus dem Diagramm nachstehend zu entnehmen ist, wurden 2005 aus deutschen Kernkraftwerken 135 meldepflichtige Ereignisse gemeldet. Davon wurden 133 Ereignisse in die Meldekategorie N (Normal) und 2 Ereignisse in die Kategorie E (Eilt) eingestuft. Alle 135 Ereignisse wurden der INES-Stufe 0 (keine oder sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung) zugeordnet. Ein Ereignis der Meldekategorie E trat während der Druckprobe des Reaktordruckbehälters im Kernkraftwerk Krümmel am 31.08.2005 auf. Dabei kam es aufgrund einer nicht geeigneten Absicherung gegen Überschreitung des spezifizierten Prüfdruckes zu einem – nicht spezifikationsgerechten – Ansprechen der zwei als Sicherheitsventile eingesetzten Vorsteuerventile in den zugehörigen Impulsleitungen (schnelles Öffnen und Schließen). Dieses führte zu einer Leckage an einem Ventilflansch und einem Anriss einer Impulsleitung. Neben der Instandsetzung der beschädigten Komponenten wurde als Vorsorgemaßnahme die Prüfanweisung für die Druckprüfung geändert.



Meldepflichtige Ereignisse in deutschen Kernkraftwerken 1995-2005

Trendaussagen zur Entwicklung der Anzahl meldepflichtiger Ereignisse pro Jahr sind aus dem Diagramm nicht ableitbar, dies wurde bereits im Jahresbericht 2004 (Seite 63) erläutert.

Aus den deutschen Forschungsreaktoren mit mehr als 50 kW thermischer Dauerleistung wurden im Jahr 2005 13 (2004: 7) meldepflichtige Ereignisse gemeldet. Alle 13 Ereignisse wurden in der Kategorie N gemeldet und in die INES-Stufe 0 eingeordnet.

Aus den Anlagen zur Kernbrennstoffver- und -entsorgung wurden im Jahr 2005 insgesamt 23 (2004: 35) Ereignisse erfasst. 22 Ereignisse wurden in der Melde-

kategorie N und INES-Stufe 0 gemeldet. Ein Ereignis – „Überfüllung eines 20-Liter-Behälters in der Tablettenbearbeitung“ – in der ANF-Brennelementfabrik in Lingen am 07.07.2005 wurde in die Meldekategorie E (Eilt) und INES-Stufe 1 (betriebliche Störung) eingestuft. Hier wurde aufgrund eines Bedienungsfehlers ein Sammelbehälter über die zulässige Masse hinaus mit Uranoxid befüllt. Zur zukünftigen Vermeidung ähnlicher, die Kritikalitätssicherheit beeinträchtigender Fehler wurden personelle und technische Maßnahmen getroffen. Das Ereignis hatte keine Auswirkungen auf das Personal und die Umgebung.

Ausführliche Beschreibungen aller 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.

AUFGABEN DES BfS BEI VERLUST ODER FUND RADIOAKTIVER STOFFE ODER BEI VERDACHT EINER STRAFTAT IM ZUSAMMENHANG MIT RADIOAKTIVEN STOFFEN – NUKLEARSPEZIFISCHE GEFAHRENABWEHR

Ansprechpartner:

Michael Hoffmann (0 18 88/3 33-11 90)

Wenn radioaktive Stoffe vermisst werden (z. B. Quellen, die in Medizin oder Industrie vielfältige Anwendung finden) oder im Zusammenhang mit einer Straftat verwendet werden (z. B. in einer so genannten „Schmutzigen Bombe“, also einem herkömmlichen Sprengkörper mit radioaktiver Beiladung) wird das Bundesamt für Strahlenschutz zur Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr tätig.

Die Verantwortung für die Gefahrenabwehr liegt in Deutschland bei den Bundesländern. Für schwerwiegende Fälle, welche die Kräfte und Ressourcen eines Bundeslandes übersteigen, können die Bundesländer Unterstützung von einer eigens für diesen Zweck geschaffenen „Zentralen Unterstützungsgruppe des Bundes (ZUB) für gravierende Fälle der Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr“ anfordern. Bei der ZUB handelt es sich um eine amts- und ressortübergreifende Einheit des Bundes. In ihr arbeiten Spezialkräf-

te dreier Bundesbehörden eng zusammen. Beteiligt sind das Bundeskriminalamt (BKA), die Bundespolizei (BPol) und das BfS.

Das BfS wurde wegen seiner hohen nuklearspezifischen Kompetenz in die ZUB einbezogen. Es ist für diese Aufgabe besonders geeignet, weil Fachleute auf allen Gebieten des Strahlenschutzes vorhanden und die einzelnen Organisationseinheiten des Bundesamtes über ganz Deutschland (München, Freiburg, Berlin, Salzgitter) verteilt sind. Aufgaben des BfS innerhalb der ZUB sind u. a. die offene und verdeckte Suche nach radioaktiven Stoffen unter Einsatz der erforderlichen Messgeräte, das Vorhalten spezieller Mess- und Analysegeräte, die Entwicklung von Software für Risikoabschätzungen sowie von Systemen zur Minimierung eventueller Auswirkungen. Weiterhin werden Ausbildungs- und Trainingsmaßnahmen auf diesen Gebieten geleistet sowie Handlungsempfehlungen für typische Einsatzlagen erarbeitet.

Zur Aufrechterhaltung der Einsatzbereitschaft werden mit allen beteiligten Kräften regelmäßig Übungen abgehalten. In Vorbereitung auf die Fußball-WM 2006 wurde im Oktober 2005 zusammen mit dem Polizeipräsidium München eine groß angelegte, mehrtägige Übung durchgeführt. Ziel der Übung war die Bewältigung denkbarer Ereignisse während der Fußball-WM sowie ein Test der Informationsteuerung und der Zusammenarbeit der beteiligten Behörden. Zum Szenarium der Übung gehörte eine fiktive Erpressung mit Anschlagsdrohung während einer Großveranstaltung.



Mitarbeiter des BfS bei der Suche nach radioaktiven Stoffen

ÜBERWACHUNG DER BERUFLICHEN STRAHLENEXPOSITION DURCH RADON

Ansprechpartner: Thomas Beck (0 18 88/3 33-42 11)

Radon ist ein natürlich vorkommendes radioaktives Spurengas, das insbesondere an Arbeitsplätzen

- in untertägigen Bergwerken, Schächten und Höhlen,
- in Einrichtungen der Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung und
- in Radon-Heilbädern und -Heilstollen

zu erhöhten Strahlenbelastungen der Beschäftigten führen kann. Aus diesem Grund wurden im Teil 3 der Strahlenschutzverordnung Regelungen getroffen, um sowohl festgelegte Dosisgrenzwerte einzuhalten als auch die Strahlenbelastung durch Radon so gering wie möglich zu halten. Wenn die Radonexposition an den betreffenden Arbeitsplätzen den Wert $2 \cdot 10^6$ Bq h/m³ im Kalenderjahr übersteigt, müssen Maßnahmen zur Überwachung und Reduzierung eingeleitet werden.

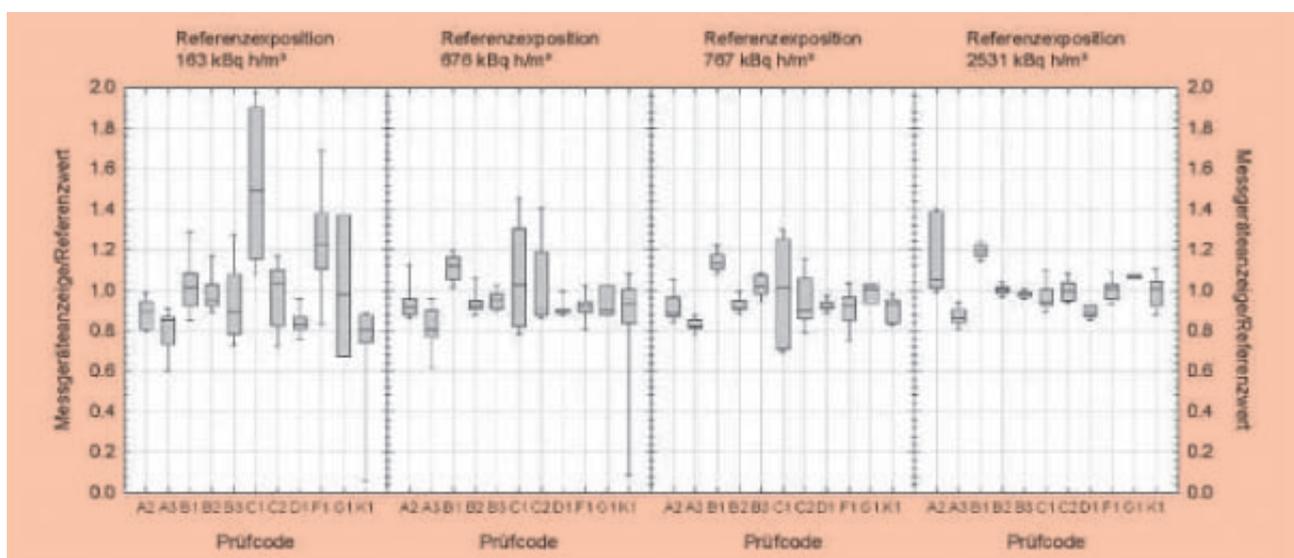
Ein Standardverfahren für die Überwachung der Strahlenexposition durch Radon ist der Einsatz von passiven Messgeräten. Die Messgeräte werden bei der Überwachung von beruflich strahlenexponierten Personen am Körper oberhalb der Kleidung getragen oder bei Messungen in Innenräumen an einer repräsentativen Stelle, vorzugsweise in der Mitte des Raumes, aufgestellt. Nach Beendigung der Messungen werden die Messgeräte an die Messstellen zurückgesendet und dort ausgewertet.

Um einen einheitlichen Qualitätsstandard bei diesen Messungen sicherzustellen, werden von der Leitstelle



Kalibrierlabor für Radonmessgeräte des Bundesamtes für Strahlenschutz

für die Radioaktivitätsüberwachung bei erhöhter natürlicher Radioaktivität des Bundesamtes für Strahlenschutz jährlich Vergleichsprüfungen durchgeführt. Messstellen, die in der Bundesrepublik Messgeräte zur Überwachung beruflicher Strahlenexpositionen durch Radon und Radonzerfallsprodukte einsetzen, sollten nach der Richtlinie für die Überwachung der Strahlenexposition bei Arbeiten nach Teil 3 Kapitel 2 Strahlenschutzverordnung an den Vergleichsprüfungen regelmäßig teilnehmen. Messstellen, die Messungen der Radon-Aktivitätskonzentration in Häusern, im Freien oder zu anderen Zwecken, die nicht im Zusammenhang mit der Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen stehen, durchführen, wird empfohlen, ebenfalls an den Vergleichsprüfungen teilzunehmen. Die Teilnahme soll das Vertrauen der Auftraggeber in die durchgeführten Messungen und die erhaltenen Ergebnisse erhöhen.



Relative Messabweichung der eingereichten Messgeräte dargestellt als Boxplots (innerhalb der Boxen liegen 50 % und innerhalb der waagerechten Striche 80 % der Messwerte)

Für die Prüfungen werden die von den Messstellen eingesandten Geräte Referenzatmosphären mit bekannten Radonaktivitätskonzentrationen ausgesetzt. Diese Referenzatmosphären werden im Kalibrierlabor für Radon- und Radonzerfallsprodukt-Messungen des Bundesamtes für Strahlenschutz in großvolumigen Behältern aus Edelstahl mit Volumina von 0,4 m³, 8 m³ und 36 m³ hergestellt (Abbildung auf Seite 82 oben). Neben den Radon-Aktivitätskonzentrationen werden auch die Parameter Temperatur, Druck und relative Luftfeuchte eingestellt und überwacht. Dabei wird darauf geachtet, dass die Prüfbedingungen den realen Bedingungen in Innenräumen entsprechen. Die Messungen der Radon-Aktivitätskonzentration und alle anderen für die Qualität der durchgeführten Prüfungen relevanten Messungen sind auf nationale Normale zurückgeführt.

An der Vergleichsprüfung 2005 haben 10 Messstellen aus der Bundesrepublik und jeweils eine Messstelle aus Schweden und Italien teilgenommen. Es wurden 10 verschiedene Messgerätetypen mit Kernspurdetektoren, ein Messgerätetyp mit Elektretdetektoren und 8 verschiedene Messgerätetypen mit Aktivkohle geprüft. Für die Prüfungen wurden die Messgeräte in verschiedenen Referenzatmosphären gelagert. Dabei wurden Radon-Referenzexpositionen im Bereich von 160 kBq h/m³ bis 2500 kBq h/m³ erreicht. Die Ergebnisse der von den teilnehmenden Messstellen eingesandten Messgerätetypen, die Kernspurdetektoren oder Elektretdetektoren zum Strahlungsnachweis enthalten, sind in der Grafik auf Seite 82 unten zusammengefasst.

Die Messabweichung einer Einzelmessung mit diesen Messgeräten beträgt im Bereich hoher Expositionen bis zu ± 20 % vom Referenzwert. Bei kleineren Expositionen nimmt diese Messabweichung zu. Von einzelnen Werten abgesehen wird bei Expositionen unterhalb von 650 kBq h/m³ der wahre Wert der Strahlenexposition um nicht mehr als den Faktor 1,5 über- bzw. unterschätzt. In den Fällen, wo die Messwerte systematisch vom Referenzwert abweichen, kann die Messabweichung durch Nachkalibrierung der Messeinrichtung reduziert werden.

ABSCHÄTZUNG DER JÄHRLICHEN LUNGENKREBSFÄLLE IN DEUTSCHLAND DURCH NATÜRLICHES RADON IN WOHNUNGEN

Ansprechpartner:

Klaus Martignoni (0 18 88/3 33-22 60)

Lungenkrebsrisiko für die Bevölkerung durch Radon

Das radioaktive Edelgas Radon, das in mehr oder weniger hohen Konzentrationen in der Luft überall natürlich vorkommt, ist nach Rauchen der wichtigste Risikofaktor für Lungenkrebs in Deutschland. Während sich das aus dem Erdreich austretende Radongas in der Luft verdünnt (die durchschnittliche Radonkonzentration im Freien liegt in Deutschland bei etwa 10 Becquerel pro Kubikmeter [Bq/m³]), reichern sich Radon und seine radioaktiven Zerfallsprodukte in geschlossenen Räumen an. Für Wohnräume wurde ein bundesweiter Durchschnittswert von rund 50 Bq/m³ ermittelt. Die Schwankungsbreite der gemessenen Radonwerte in Wohnungen ist groß; einzelne Messergebnisse können bis zu tausendmal über dem Durchschnittswert liegen.

Die zusammenfassende Auswertung zahlreicher weltweit durchgeführter epidemiologischer Studien zu Lungenkrebs und der Radonkonzentration in Wohnungen belegt, dass mit zunehmender Radonkonzentration in den Aufenthaltsräumen das Risiko für Lungenkrebs proportional ansteigt.

Damit bestätigen sich Befunde epidemiologischer Kohortenstudien bei Uranbergarbeitern, die unter Tage hohen Konzentrationen durch Radongas ausgesetzt waren und bei denen vermehrt Lungenkrebs auftrat. In den Fall-Kontroll-Studien für Lungenkrebs bei der Bevölkerung wird festgestellt, dass sich das relative Lungenkrebsrisiko um rund 16 Prozent erhöht, wenn die Radonkonzentration um 100 Bq/m³ in der Raumluft zunimmt. Dabei sind Rauchverhalten und Unsicherheiten in der retrospektiven Abschätzung der Radonkonzentration berücksichtigt. Dies gilt sowohl für Raucher als auch Nichtraucher.

Die Radonkonzentration in Wohn- und Aufenthaltsräumen herabzusetzen, wird seit Jahren als eine wichtige Strahlenschutzaufgabe angesehen. Während für Arbeitsstätten Radon-Schutzbestimmungen für Beschäftigte vorliegen, waren für die Bevölkerung bisher noch keine Schutzmassnahmen vorgesehen. Grundsätzlich kann die durchschnittliche Radonexposition der Bevölkerung dadurch gesenkt werden, dass die Wohnungen mit den höchsten Radonkonzentrationen mit relativ hohem Messaufwand für eine Sanierung identifiziert werden, oder es wird angestrebt, die durchschnittliche Radonkonzentration in Wohnungen in Deutschland zu senken.

In Deutschland und den USA durchgeführte Untersuchungen zeigten, dass fast 90 Prozent der radonbe-

dingten Lungenkrebsfälle bei Personen aus Wohnungen mit weniger als 200 Bq/m³ auftreten. Daraus kann abgeleitet werden, dass es eher Erfolg versprechend ist, strahleninduzierte Lungenkrebskrankungen zu vermeiden, indem die durchschnittliche Radonkonzentration für den Wohnungsbestand abgesenkt wird.

Die Folgen einer Radonexposition für die Bevölkerung können durch das so genannte populationsattributable Risiko beschrieben werden. Diese Größe ist der Anteil der auf die Radonbelastung zurückführbaren Erkrankungen an allen Erkrankungen in der betrachteten Bevölkerung oder auch der Anteil aller Krankheits- oder Todesfälle, der durch die Herabsetzung einer bestimmten Radonexposition vermieden wird. Zur Bestimmung des Lungenkrebsrisikos wurde ein Forschungsvorhaben initiiert, um eine wissenschaftliche Entscheidungsgrundlage für die aktuelle Situation in Deutschland zu erhalten, mit der Regelungen zur Begrenzung der Radonbelastung in Aufenthaltsräumen begründet werden können. Grundlage der Berechnungen sind die neuesten Risikoabschätzungen für Lungenkrebs durch Radon, die auf der Grundlage der gemeinsamen Auswertung der europäischen Fall-Kontroll-Studien zum Lungenkrebs in jüngster Zeit veröffentlicht worden sind. Weiterhin werden für die Risikoabschätzungen fast 30.000 Radonmesswerte, die für Wohnungen in Deutschland vorliegen, und Daten zur altersspezifischen Mortalität sowie zum Rauchverhalten berücksichtigt. Im Ergebnis lässt sich abschätzen, dass in Deutschland zwischen 2 und 13 Prozent aller tödlichen Lungenkrebsfälle oder 660 bis 4.800 Lungenkrebsfälle pro Jahr durch Radon in Innenräumen verursacht werden, die überwiegende Mehrzahl bei jetzigen und ehemaligen Rauchern.

Der mögliche Effekt einer Radon-Sanierung wurde für verschiedene „Zielwerte“ der Radonkonzentration in Wohnungen berechnet. In der folgenden Tabelle ist die Zahl der vermeidbaren Lungenkrebsfälle pro Jahr für eine vorgegebene Radonkonzentration angegeben, bei der begonnen werden soll, Wohnungen zu sanieren. Nach der Sanierung wird eine Radonkonzentration angenommen, wie sie durchschnittlich im Freien in Deutschland festgestellt wird.

Rn-Zielwert [Bq/m ³]	Attributables Risiko* [%]	Anzahl* vermeidbarer Lungenkrebsfälle/Jahr
9 (Außenluft)	5,02	1.900
100	1,03	390
200	0,44	170
1.000	0,06	20

* gerundete Zahlen
* Annahme: alle Werte über Höchstwert werden auf den Außenluftwert saniert

Zahl vermeidbarer Lungenkrebsfälle für verschiedene Radon-„Zielwerte“ (Grenzwerte), Effekte von Sanierungsfolgen

zentration angenommen, wie sie durchschnittlich im Freien in Deutschland festgestellt wird.

Im Jahr 2005 wurde vom BfS der Entwurf eines Radonschutzgesetzes erarbeitet, durch das Maßnahmen für Neubauten bzw. zur Sanierung von Altbauten vorgesehen werden, um die Radonexposition für die Bevölkerung zu senken und langfristig deren gesundheitliche Situation zu verbessern. Das Gesetzgebungsvorhaben konnte im Hinblick auf die vorgezogenen Neuwahlen nicht in der 15. Legislaturperiode eingeleitet werden.

BfS als WHO Collaborating Centre

Die Bemühungen des BfS zur Radonproblematik finden dadurch Anerkennung, dass die Weltgesundheitsorganisation (WHO) das BfS in ihre Collaborating Centres und das WHO International Radon Project aufgenommen hat.

Ziele des WHO-Programms sind:

- Erstellung einer Datenbank für Radon-Messungen weltweit in Wohnungen, für Eingreifwerte und Regelungen für Radon sowie über Forschungseinrichtungen sowie Behörden, die mit der Radonproblematik befasst sind.
- Erarbeitung von Empfehlungen für die Öffentlichkeitsarbeit und die Radonsanierung.
- Ermittlung der weltweiten gesundheitlichen Belastung durch Radon in Aufenthaltsräumen.

Wesentliche Unterstützung durch das BfS wird von der WHO für folgende Schwerpunkte erwartet:

- Entwicklung von Strategien zur Reduktion der Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen.
- Förderung des Bewusstseins über die Radonproblematik in Öffentlichkeit und Politik.
- Organisation eines internationalen Workshops zur Abschätzung des attributablen Lungenkrebsrisikos.

EIN NEUES VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG DER FREISETZUNG VON RADON AUS HALDEN

Ansprechpartner:

Michael Kümmel (0 18 88/3 33-42 44)

Der Expositionspfad „Inhalation von Radon und seinen kurzlebigen Folgeprodukten“ spielt bei der von bergbaulichen Altlasten mit erhöhten Gehalten natürlicher Radioaktivität ausgehenden Strahlenexposition eine wichtige, nicht selten eine entscheidende Rolle. Radon ist ein radioaktives Edelgas, das in den Zerfallsreihen des Urans und des Thoriums vorkommt und in bergbaulichen Altlasten (z. B. in Hal-

den des Uranerzbergbaus) ständig neu entsteht. Als Edelgas kann es aus dem Gestein entweichen, an die Oberfläche einer Halde transportiert und in die Atmosphäre freigesetzt werden. In den Bergbauregionen kann dies über die Inhalation zu einer Strahlenexposition führen.

Die Transportprozesse innerhalb der Halde und die Freisetzungsprozesse sind in hohem Maße von der Umgebungstemperatur abhängig. Die Radonfreisetzung aus einer Halde schwankt deshalb beträchtlich sowohl im Verlaufe eines Tages als auch im Verlaufe eines Jahres. Außerdem treten auf den häufig viele Hektar großen Halden erhebliche räumliche Unterschiede der Radonfreisetzung auf. Für die Bewertung der Strahlenexposition bei Halden und auch für die Planung eventuell erforderlicher Sanierungsmaßnahmen, die auch die Radonfreisetzung verhindern oder zumindest verringern sollten, sind das Verständnis der Transport-Freisetzungsprozesse und die zeitlich wie räumlich repräsentative Ermittlung der Freisetzungsraten von großer Bedeutung.

Die Radonfreisetzung kann mit ausreichender Genauigkeit nur durch Messungen ermittelt werden. Dazu wird seit Jahren als Standardverfahren die „Boxmethode“ verwendet. Dabei wird ein unten offener Behälter (Box) auf die Oberfläche der zu untersuchenden Fläche so aufgesetzt, dass kein Austausch der Luft in der Box mit der Außenluft vonstatten gehen kann. Infolge der Radonfreisetzung steigt die Radonkonzentration in der Box an und wird mit den üblichen Monitoren gemessen. Aus dem Anstieg der Radonkonzentration in der Box kann die Freisetzungsrate bestimmt werden. Die übliche Messdauer beträgt etwa eine Stunde. Zeitliche Veränderungen der Radonfreisetzung, die beträchtlich sein können, werden damit nur dann erfasst, wenn dieses Messsystem über längere Zeit betrieben wird. Da es sich um ein aufwändiges Verfahren handelt, sowohl hinsichtlich der eingesetzten Technik als auch hinsichtlich der erforderlichen Wartung, kommt diese Methode für längerfristige Messungen (etwa über den Zeitraum von einem Jahr) als Routinemethode aber nicht in Frage. Dies gilt insbesondere dann, wenn bei großen Flächen mit unterschiedlichen Freisetzungsraten zu rechnen ist und für diese Flächen eine repräsentative Freisetzungsrate ermittelt werden soll, die für realistische Expositionsabschätzungen und für Aussagen über das Langzeitverhalten der Freisetzung unverzichtbar sind.

Um diese Ziele zu erreichen wurde ein neues Verfahren entwickelt. Dabei wird die Radonkonzentration in der Luft in 0,15 m Höhe über der Geländeoberfläche mit Hilfe von Detektoren gemessen, die keine Stromversorgung benötigen und die ohne Wartung arbeiten („passive“ Detektoren). Aufgrund der in die-

ser Höhe noch geringen atmosphärischen Verdünnung besteht zwischen der Radonkonzentration in dieser Höhe und der Radonfreisetzung ein unmittelbarer Zusammenhang. Da mit diesen Detektoren die für den Messzeitraum mittlere Radonkonzentration bestimmt wird, kann auf diese Weise die für den Messzeitraum mittlere Freisetzungsrate ermittelt werden. Im Messzeitraum auftretende Veränderungen der Radonfreisetzungen werden erfasst.



Messeinrichtung zur Ermittlung der Radonkonzentration in 0,15 m Höhe über der Oberfläche einer Halde des ehemaligen Uranbergbaus

Da die Messsysteme kostengünstig betrieben werden können, besteht erstmals die Möglichkeit, mit vertretbarem Aufwand repräsentative Aussagen über die Radonfreisetzung aus Halden zu gewinnen, auch wenn diese zeitlich und räumlich variiert.

Das BfS hat die Methode in mehrjährigen Untersuchungen an einem Standort des ehemaligen Uranerzbergbaus in Sachsen angewendet und erprobt. Inzwischen wird diese Methode in der Routine bei der Bewertung der Radonfreisetzung aus Halden eingesetzt. Sie hat wesentlich zu neuen Erkenntnissen über das räumliche und zeitliche Freisetzungsverhalten des Radons aus Halden beigetragen. Auf der Grundlage der vorliegenden Erfahrungen und Erkenntnisse wird derzeit vom BfS eine Empfehlung für die Anwendung des neuen Verfahrens erarbeitet.

Bfs: FAKTEN UND ZAHLEN

Ansprechpartner: Reinhard Naß (0 18 88/3 33-12 01)

Das am 1. November 1989 gegründete Bundesamt für Strahlenschutz (Bfs) ist eine organisatorisch selbständige wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Seine Aufgaben sind in § 2 Errichtungsgesetz definiert. Danach erledigt das Bfs Aufgaben des Bundes auf den Gebieten des Strahlenschutzes einschließlich der Strahlenschutzvorsorge sowie der kerntechnischen Sicherheit, der Beförderung radioaktiver Stoffe und der Entsorgung radioaktiver Abfälle einschließlich der Errichtung und des Betriebes von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, die ihm durch das Atomgesetz, das Strahlenschutzvorsorgegesetz, andere Bundesgesetze und durch Verordnungen zugewiesen sind.

Das Bfs unterstützt das BMU fachlich und wissenschaftlich, insbesondere bei der Wahrnehmung der Bundesaufsicht, der Erarbeitung von Rechts- und Verwaltungsvorschriften sowie bei der internationalen Zusammenarbeit.

Das Bfs befasst sich speziell 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. 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 ist in vier Fachbereiche und eine Zentralabteilung gegliedert und hat seinen Sitz in Salzgitter-Lebenstedt. Weitere Standorte sind Oberschleißheim-Neuherberg bei München, Berlin-Karlshorst, Freiburg, Bonn, Rendsburg und Gorleben. Der bisherige Standort Hanau wurde nach Räumung der Staatlichen Verwahrung in Hanau mit Ablauf des Jahres 2005 vom Bfs aufgelöst.

Das Bfs hatte 2005 im Jahresdurchschnitt 694 Beschäftigte. Die nachfolgende Tabelle dokumentiert die Verteilung der Beschäftigten auf die Dienstorte und die Zuordnung zu den Laufbahnen.

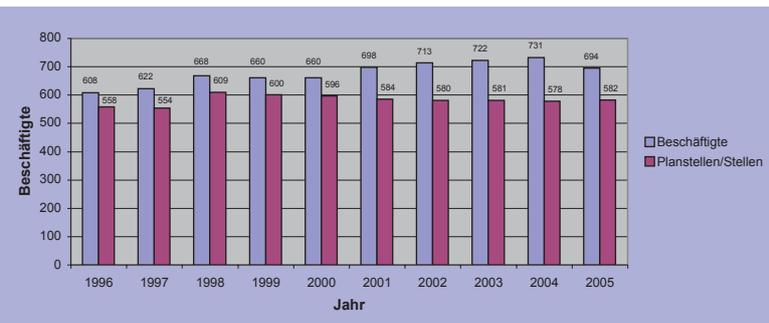
Die Entwicklung der Beschäftigtenzahl im Vergleich zu den Planstellen/Stellen zeigt die Grafik auf Seite 87 oben links.

Der bis zum Jahre 2004 erfolgte Anstieg der Beschäftigtenzahl ist zurückzuführen auf die Teilung von Stellen für Teilzeitkräfte, auf zusätzliche Zeitkräfte für Sonderaufgaben (insbesondere für die Genehmigungsverfahren für dezentrale Zwischenlager) und auf zusätzliche Beschäftigte infolge der Inanspruchnahme von Altersteilzeit. Die Abnahme der Beschäftigtenzahl im Jahre 2005 war bedingt durch den Ablauf von Zeitverträgen und die Beschränkung der Genehmigung von Altersteilzeit auf absolute Ausnahmefälle.

Rückläufig ist die Anzahl der Planstellen/Stellen bedingt durch die seit 1993 laufende, vom Parlament beschlossene jährliche Stelleneinsparung i. H. v. 1,5 %. Der Stellenzuwachs in 1998 beruht auf der Übernahme des Ortsdosisleistungs-Messnetzes vom ehemaligen Bundesamt für Zivilschutz und entsprechender Umsetzung von Planstellen/Stellen in den Haushalt des Bfs. In den Haushaltsjahren 2003 – 2005 stand der jährlichen Stelleneinsparung ein Stellenzuwachs aufgrund neu bewilligter Stellen für zusätzliche Aufgaben im Zusammenhang mit der Novellierung

Dienstort	Höherer Dienst	Gehobener Dienst	Mittlerer Dienst	Einfacher Dienst	Auszubildende	Gesamt
Salzgitter	130	71	95	10	24	330
Berlin	44	15	41	9	4	113
Neuherberg	75	41	43	9	5	173
Freiburg	9	6	10	3	1	29
Bonn	20	4	12	3	-	39
Gartow	-	1	-	-	-	1
Rendsburg	1	1	5	2	-	9
	279 (40 %)	139 (20 %)	206 (30 %)	36 (5 %)	34 (5 %)	694 (100 %)

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

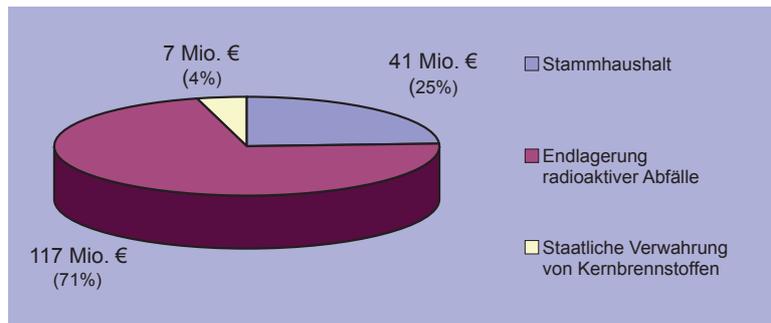


Entwicklung der Beschäftigtenzahl im BfS

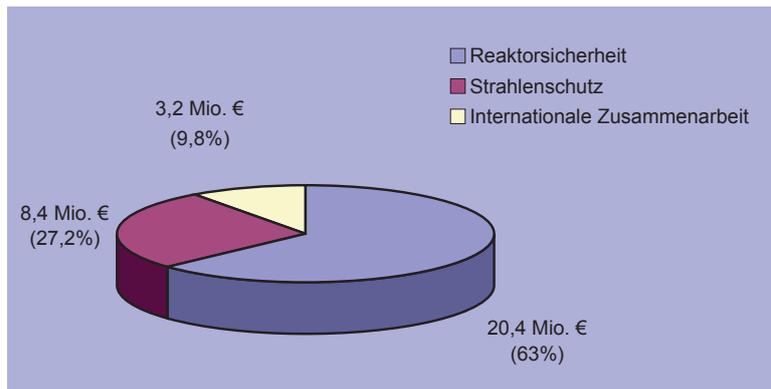
der Röntgenverordnung und der Strahlenschutzverordnung sowie der Genehmigung dezentraler Zwischenlager gegenüber.

Dem BfS standen 2005 zur Erfüllung seiner Aufgaben ca. 165 Millionen Euro zur Verfügung, die sich wie in der Grafik rechts oben dargestellt verteilen.

Auf dem Gebiet der Ressortforschung (Untersuchungen, Studien, Gutachten, die dem BMU als Entscheidungshilfen dienen) waren dem BfS im Jahr 2005 Haushaltsmittel in Höhe von 32 Millionen Euro zugewiesen (Abb. rechts unten).



Haushaltsausgaben 2005 im BfS



Ausgaben 2005 für Ressortforschung



Verladung von Brennelementen in der Staatlichen Verwahrung

erzeugt und so zur Diskussion in der Öffentlichkeit angeregt.

Im Februar veröffentlichte das BfS die verbleibenden Reststrommengen deutscher Kernkraftwerke im Bundesanzeiger. In der dazugehörigen Pressemeldung wies das BfS darauf hin, dass das Kernkraftwerk Obrigheim nach diesen Zahlen vermutlich im Mai 2005 vom Netz gehen und damit das zweite Kernkraftwerk seit dem vereinbarten Atomausstieg abgeschaltet werde. Diese Nachricht wurde von nahezu allen Medien aufgegriffen. Aber auch das europäische Ausland und sogar lateinamerikanische Nachrichtenagenturen und Radiostationen berichteten über die bevorstehende Abschaltung Obrigheims.

Dass auch fast 20 Jahre nach Tschernobyl Wildbret noch immer radioaktiv belastet ist, teilte das BfS im August mit. Anlass war eine vom BfS in Auftrag gegebene Studie, bei der Experten die radioaktive Belastung von Wildbret, Pflanzen und Böden im Bayerischen Wald gemessen hatten. Dabei zeigte sich, dass



In einigen Regionen sind Wildschweine noch immer stark radioaktiv belastet

insbesondere Wildschweine relativ hoch belastet sind, weil sie sich bevorzugt von einer bestimmten unterirdisch wachsenden Pilzart ernähren. Diese bisher kaum bekannte Tatsache wurde über zahlreiche Presseartikel, vor allem im durchschnittlich stärker belasteten süddeutschen Raum, einer breiten Öffentlichkeit dargestellt. In den folgenden Tagen und Wochen erkundigten sich viele Bürgerinnen und Bürger direkt beim BfS, um mehr über das Thema zu erfahren.

Ebenfalls sehr gute Resonanz erzielten Pressemitteilungen zu Radon in Wohnhäusern und dem Abschlussgutachten zu sicherheitstechnischen Einzelfragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle.

BfS überwacht Kernwaffentest-Stopp-Vertrag

Ein weltumspannendes Netz spürt Verstöße gegen den Kernwaffenteststoppvertrag (Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty, CTBT) auf. Seit Juni 2005 steht auch die Messstation des BfS auf dem Schauinsland bei Freiburg im Dienst der CTBT-Organisation. Der Exekutivsekretär der CTBTO, Botschafter Wolfgang Hoffmann, überreichte dem BfS auf dem 1284 Meter hohen Berg im Schwarzwald die Zertifizierungsurkunde. Mit Kameras, Mikros und Notizblöcken verfolgten die Medien die Zeremonie und berichteten in den darauf folgenden Tagen über die von außen so unscheinbare Messstation, die mit hochentwickelter Technik winzige Spuren radioaktiver Stoffe registrieren und deren Quelle lokalisieren kann.

Handy-Messung auf der Internationalen Funk-Ausstellung 2005

Am BfS-Stand auf der Internationalen Funkausstellung (IFA), die vom 2. bis 7. September in Berlin stattfand, zeigte sich deutlich: Vorsorgender Gesundheitsschutz interessiert keineswegs nur Kritiker der mobilen Datenübertragung. Das Publikum der IFA ist gegenüber der modernen Kommunikationstechnik sehr aufgeschlossen, aber nicht unkritisch. Die Expertinnen und Experten des BfS beantworteten ausführlich und mit Sachverstand Fragen wie „Strahlt mein Handy zu stark?“, „Wir nutzen im Büro WLAN, ist das wirklich nicht gefährlich?“ oder „Ich habe einen Herzschrittmacher – darf ich überhaupt schnurlos telefonieren?“. Immer wieder bildete sich eine Menschentraube um den sogenannten Phantomkopf, einem Messkopf, mit dem die Strahlung der Handys interessierter Besucherinnen und Besucher gemessen wurde. Tipps zu Vorsorgemaßnahmen, die jeder einzelne problemlos umsetzen kann, wurden gern entgegengenommen. Auch das Informationsmaterial des BfS fand großen Zuspruch. Nach sechs Tagen Messe zog das BfS-Messteam ein positives Fazit: Die Kombi-

nation von anschaulicher Handymessung, umfassenden Infomaterialien und persönlichen Gesprächen ist beim Publikum hervorragend angekommen.



Das BfS-Messeteam vermittelt komplexe Themen auf anschauliche Weise.

Neuerscheinungen und Wiederauflagen im BfS-Informationsangebot

Das BfS hat im Laufe des Jahres 2005 zahlreiche Informationsmaterialien neu herausgegeben, überarbeitet und aktualisiert. Im Bereich der Zwischen- und Endlagerung sind die Broschüren

- „Endlagerung radioaktiver Abfälle als nationale Aufgabe“ und
- „Dezentrale Zwischenlager – Bausteine zur Entsorgung radioaktiver Abfälle“

sowie das Faltblatt

- „Endlagerung radioaktiver Abfälle“

erschieden.

Zum Themenkreis „Ionisierende Strahlung“ informieren aktuell die Broschüre

- „Das Radioaktivitätsmessnetz“,

die Faltblätter

- „Integriertes Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Radioaktivität – IMIS“,
- „Röntgendiagnostik – schädlich oder nützlich?“

sowie die Infoblätter

- „Wildpilze – Bedenkenloser Genuss?“,
- „Natürliche Radionuklide in Baumaterialien“,
- „Radon – Hauptursache der natürlichen Strahlenexposition“,
- „Radon in Häusern“,
- „Maßnahmen zum Schutz vor erhöhten Radonkonzentrationen in Gebäuden“.

Auf dem Gebiet der nichtionisierenden Strahlung liegen die Faltblätter

- „Elektrische und magnetische Felder in der Stromversorgung“,
- „Elektrische und magnetische Felder im Haushalt“

und

- „Mobilfunk und Sendetürme“

sowie das Infoblatt

- „Solarien gefährden die Gesundheit“

in überarbeiteter Auflage vor. Neu hinzugekommen sind außerdem die Infoblätter

- „Moderne Kommunikationstechnologien – Bluetooth und WLAN“ und
- „Nutzung schnurloser Festnetztelefone/ DECT-Telefone“.

Besonderer Wert wird auf eine Ausgewogenheit zwischen fachlicher Korrektheit und allgemeiner Verständlichkeit gelegt. Die Informationen des BfS werden von den Bürgerinnen und Bürgern stark nachgefragt und kommen gut an. Dies zeigt sich sowohl bei den täglichen Bestellungen als auch auf Messen und anderen Informationsveranstaltungen.

Erfolgreicher Auftakt - BfS-Seminare für Journalisten

Zu dem Seminar „Mobilfunk – ein kontroverses Thema“ hat das BfS Journalistinnen und Journalisten der Publikumspresse sowie der Fachmedien im Juni 2005 nach Berlin und im November 2005 nach München eingeladen. Ziel der BfS-Seminare ist es, Journalisten aktuelles fundiertes Fachwissen aus wissenschaftlicher Sicht zu einem medienrelevanten Strahlenschutzthema zu vermitteln. Das BfS stellt sich dabei



Zahlreiche Bürgerinnen und Bürger ließen sich im Jahr 2005 die kostenlosen Infomaterialien des BfS zusenden.

als Ansprechpartner für alle Facetten von Strahlung und Strahlenschutz vor. Zudem bietet das BfS den Journalisten mit den Seminaren ein Forum an, in dem sie Antworten auf ihre aktuellen Fragen erhalten.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des BfS referierten über die physikalischen und technischen Grundlagen des Mobilfunks, den Stand der Wissenschaft, die Risikokommunikation sowie das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm. In den sich anschließenden Gesprächen und Diskussionen wurden Verständnisfragen geklärt und auf Wunsch der Teilnehmerinnen und Teilnehmer spezielleres Wissen – nicht nur zum Mobilfunk, sondern auch zu angrenzenden Themengebieten der hochfrequenten elektromagnetischen



Journalistenseminar: Einen offenen Austausch zwischen Wissenschaftlern und Journalisten ermöglichte das erste BfS-Seminar zum Mobilfunk.

Strahlung wie beispielsweise schnurlose DECT-Telefone, WLAN und Bluetooth – vermittelt.

Der Erfolg der Veranstaltung spiegelt sich sowohl in der ausnahmslos positiven Beurteilung der Journalisten wider – alle würden wieder an einem Seminar des BfS teilnehmen –, als auch darin, dass sie im Anschluss an das Seminar fachlich fundierte Artikel für ihre Medien verfasst haben.

Das BfS nimmt die positive Resonanz zum Anlass, über weitere Seminare für Journalisten nachzudenken. Neben Veranstaltungen mit aktuellen Informationen zum Thema Mobilfunk sollen zukünftig auch Seminare zu anderen relevanten Strahlenschutzaspekten durchgeführt werden. Das BfS greift bei der Auswahl der Inhalte auch die Anregungen der Journalisten auf.

Das BfS zwischen Wissenschaft und Politik

Das BfS versteht sich als neutrale wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde, deren Ziel der Schutz von Mensch und Umwelt gegen Schäden durch ionisierende und nichtionisierende Strahlung ist. Als Behörde an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik werden vom BfS bearbeitete Themenbereiche von Politik, Industrie und Bürgerinitiativen häufig kontrovers diskutiert – manchmal wird das BfS selbst zur Zielscheibe interessengeleiteter Kritik.

So haben Bürgerinitiativen das BfS in der Vergangenheit beschuldigt, beim Mobilfunk die Interessen der Industrie zu vertreten und gesundheitliche Gefahren zu verharmlosen. Im Rahmen der Bundestagsneuwahlen im September 2005 warfen industriefreundliche Kreise der Behörde dagegen vor, sie habe Gutachten zur Endlagerung einseitig an Kritiker der Kernenergie vergeben.

Grundlage der Vorwürfe war ein Zwischenbericht des Bundesrechnungshofs, in dem einzelne Vergabeverfahren beim BfS kritisiert worden waren. Auch einige Medien griffen die Kritik auf und konstruierten daraus „Fitzvorwürfe“, mussten später jedoch Gegendarstellungen veröffentlichen und sich verpflichten, die in den Artikeln verbreiteten Aussagen nicht zu wiederholen. Der Bundesrechnungshof selbst bestätigte später in zwei weiteren Berichten, dass die „Fitzvorwürfe“ gegen das BfS absolut haltlos waren.

PUBLIKATIONEN

BfS-Berichte

BfS-SCHR-33/05

Hartmann M, Beyer D, Dalheimer A, Hänisch K.
Ergebnisse der In-vitro-Ringversuche: S-35 in Urin
sowie Am-241 und Pu-Isotope in Urin
Workshop zu den In-vitro-Ringversuchen 2001 und
2002 der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des
BfS am 1. Juli 2003 im Bayerischen Landesamt für
Umweltschutz, Kulmbach
Salzgitter, Januar 2005

BfS-SCHR-34/05 (nur als CD vorhanden)

*Trugenberger-Schnabel A, Peter J, Kanzliwius R,
Bernhard C, Bergler I.*
Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik
Deutschland
Bericht der Leitstellen des Bundes und des
Bundesamtes für Strahlenschutz
Daten und Bewertung für 2002 und 2003
Salzgitter, Juni 2005

BfS-SCHR-35/05 (nur als CD vorhanden)

*Bergler I, Bernhard C, Gödde R, Löbke-Reinl A,
Schmitt-Hannig A.*
Strahlenschutzforschung
Programmreport 2004
Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz
fachlich und administrativ begleitete Ressort-
forschungsprogramm Strahlenschutz des Bundes-
ministeriums für Umwelt, Naturschutz und
Reaktorsicherheit
Salzgitter, August 2005

BfS-SCHR-36/05 (nur als CD vorhanden)

Steinmetz M.
200 Jahre solare UV-Strahlung
Geschichte und Perspektiven
Wissenschaftliches Kolloquium
Salzgitter, Oktober 2005

BfS-SCHR-37/05

*Facharbeitskreis Probabilistische Sicherheitsanalyse
für Kernkraftwerke*
Methoden zur probabilistischen Sicherheitsanalyse
für Kernkraftwerke
Stand: August 2005
Salzgitter, Oktober 2005

BfS-SCHR-38/05

*Facharbeitskreis Probabilistische Sicherheitsanalyse für
Kernkraftwerke*
Daten zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für
Kernkraftwerke
Stand: August 2005
Salzgitter, Oktober 2005

BfS-SE-05/05

Börst FM, Reiche I, Nitsche F.
Guideline for the design approval procedure of
packages for the transport of radioactive material, of
special form radioactive material and low dispersible
radioactive material – R003 –
Salzgitter, August 2005

BfS-SK-05/05

Philippczyk F, Borrmann F, Hutter J, Schneider M.
Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundes-
republik Deutschland 2004
Salzgitter, Juli 2005

BfS-SG-05/05

*Frasch G, Almer E, Fritzsche E, Kammerer L, Karofsky R,
Spiesl J, Stegemann R.*
Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2003
Bericht des Strahlenschutzregisters
Salzgitter, April 2005

BfS-SG-06/05

Stegemann R, Frasch G, Kammerer L, Spiesl J.
Die berufliche Strahlenexposition des fliegenden
Personals in Deutschland
Bericht des Strahlenschutzregisters
Salzgitter, August 2005

Die Schriften und Berichte des BfS sind im Wirt-
schaftsverlag NW erschienen und über den Buch-
handel oder direkt beim Verlag erhältlich.
Anschrift des Wirtschaftsverlages NW:

Wirtschaftsverlag NW
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

Bahner ML, Bengel A, Brix G, Zuna I, Kauczor HU, Delorme S.

Improved Vascular Opacification in Cerebral Computed Tomography Angiography With 80 kVp. *Invest Radiol.* 40: 229–234, 2005

Barth I, Rimpler A, Mielcarek J.

Strahlenexposition des Personals und Strahlenschutzmaßnahmen bei der medizinischen Anwendung von β -Strahlern.

StrahlenschutzPraxis 2: 52–60, 2005

Bauer S, Gusev BI, Pivina LM, Apsalikov KN, Grosche B.

Radiation Exposure due to Local Fallout from Soviet Atmospheric Nuclear Weapons Testing in Kazakhstan: Solid Cancer Mortality in the Semipalatinsk Historical Cohort, 1960–1999; *Radiat Res.* Oct;164(4): 409–419, 2005

Brix G, Beyer T.

PET/CT: Dose-Escalated Image Fusion? *Nuklearmedizin* 44: 51–57, 2005

Brix G, Kiessling F, Lucht R, Wasser K, Delorme S, Griebel J.

Microcirculation in Muscle Tissue and Breast Carcinoma: Pharmacokinetic Analysis of Dynamic Contrast-Enhanced MR Measurements. *Biomed Tech.* 50: 1146–1147, 2005

Brix G, Lechel U, Glatting G, Ziegler SI, Münzing M, Müller SP, Beyer T.

Radiation Exposure of Patients Undergoing Whole-Body Dual-Modality ^{18}F -FDG PET/CT Examinations. *J Nucl Med.* 46: 608–613, 2005

Brix G, Nekolla EA, Griebel J.

Strahlenexposition von Patienten durch diagnostische und interventionelle Röntgenanwendungen: Fakten, Bewertung und Trends.

Radiologe 45: 340–349, 2005

Czarwinski R, Elmer E, Loertscher Y, Nürbchen F, Paßvoß T, Rodriguez J, Rosenthal B, Schmitzer C, Schrempp S.

Sicherheit von Strahlenquellen – was tun wir dafür? *StrahlenschutzPraxis* 3: 3–29, 2005

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, Makelainen I, Muirhead C, Oberaigner W, Pershagen G, Ruano-Ravina A, Ruosteenoja E, Rosario AS, Tirmarche M, Tomasek L, Whitley E, Wichmann HE, Doll R.

Radon in Homes and Risk of Lung Cancer: Collaborative Analysis of Individual Data from 13 European Case-Control Studies. *Br Medical J.* 330: 223–6, 2005

Edwards AA, Lindholm C, Darroudi F, Stephan G, Romm H, Barquinero J, Barrios L, Caballin MR, Roy L, Whitehouse CA, Tawn EJ, Moquet J, Lloyd DC, Voisin P.

Review of Translocations Detected by Fish for Retrospective Biological Dosimetry Applications. *Radiat. Prot. Dosimetry* 113(4): 396–402, 2005

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

Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon in Aufenthaltsräumen. *StrahlenschutzPraxis* 2/2005

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

Das Radonschutzgesetz – ein neuer deutscher Weltrekord?

Stellungnahme zum Artikel von K. Becker im Heft 1/2005 der *StrahlenschutzPraxis*. *StrahlenschutzPraxis* 4/2005

Frasch G.

Was überwacht das Strahlenschutzregister? *StrahlenschutzPraxis* 2005; 1: 24–27, 2005

Frasch G, Petrová K.

Dose Trends in Occupational Radiation Exposure in Europe; European Workshop on Individual Monitoring to Ionising Radiation. *Radiation Protection Dosimetry*, Vienna, April 2005 (in Druck)

Frasch G, Petrová K, Schnuer K.

The ESOREX Project – European Studies of Occupational Radiation Exposure. *StrahlenschutzPraxis* 1/2005: 21–24

Gering F, Richter K, Müller H.

Combination of Measurements and Model Predictions after a Release of Radionuclides. *Kerntechnik* 69 (5–6) (2004), 243–247

- Gomolka M, Rössler U, Hornhard S, Walsh L, Panzer W, Schmid E.*
Measurement of the Initial Levels of DNA Damage in Human Lymphocytes induced by 29 kV X Rays (Mammography X Rays) Relative to 220 kV X Rays and gamma Rays; *Radiation Research* 163(5): 510–9, 2005
- Grosche B.*
Epidemiologie: Studien zur Strahlenwirkung – Was können wir daraus lernen? – Ein Resümee. *StrahlenschutzPraxis* 4/2005: 38
- Grosche B.*
Neue Entwicklungen in der Strahlenepidemiologie. *StrahlenschutzPraxis* 4/2005: 4–5
- Grosche B, Kreuzer M, Tschense A.*
Uranbergarbeiterstudien in Deutschland und Europa *StrahlenschutzPraxis* 4/2005: 12–15
- Grosche B.*
Progress in Assessing the Public Health Impact from Residues of Nuclear Bomb Testing in Kazakhstan (invited Editorial); *J Radiol Prot* 25: 123–124, 2005
- Hacker M, Schnell-Inderst P, Noßke D, Weiss M, Stamm-Meyer A, Brix G, Hahn K.*
Radiation Exposure of Patients Undergoing Nuclear Medicine Procedures in Germany Between 1996 and 2000: Multicenter Evaluation of Age and Gender-specific Patient Data. *Nuklearmedizin* 44: 119–130, 2005
- Hartmann M, Dalheimer A.*
Results of In Vitro Intercomparison Tests of the Coordinating Office on Incorporation Monitoring in Germany. *Kerntechnik* 70: 5–6; 327–328, 2005
- Hunt JG, Nosske D, dos Santos DS.*
Estimation of the Dose to the Nursing Infant due to Direct Irradiation from Activity Present in Maternal Organs and Tissues. *Radiat Prot Dosim.* 2005; 130: 290–299, 2005
- Kok YS, Eleveld H, Schnadt H, Gering F, Gregor J, Böttger H, Salfeld C, Twenhöfel CJW, Reinen HAJ M.*
Comparative Study of Dutch and German Emergency-Management Models for Near Border Nuclear Accidents. *Radiation Protection Dosimetry* 113 (2005): 381–391
- Kreisheimer M.*
Epidemiologische Studien im Südrural *StrahlenschutzPraxis* 4/2005: 27–30
- Kreuzer M.*
Lungenkrebsrisiko durch Radon in Wohnungen – Aktuelle epidemiologische Evidenz *StrahlenschutzPraxis* 4/2005: 5–11
- Kreuzer M.*
Lungenkrebsrisiko durch Radon in Wohnungen. *StrahlenschutzPraxis* 2005, 2: 61–65
- Latza U, Hoffmann W, Terschüren C, Chang-Claude J, Kreuzer M, Schaffrath Rosario A, Kropp S, Stang A, Ahrens W.*
Rauchen als möglicher Confounder in epidemiologischen Studien: Standardisierung der Erhebung, Quantifizierung und Analyse. *Gesundheitswesen* 67: 795–802, 2005
- Lucht R, Delorme S, Heiss J, Knopp M, Weber MA, Griebel J, Brix G.*
Classification of Signal-Time Curves Obtained by Dynamic Magnetic Resonance Mammography: Statistical Comparison of Quantitative Methods. *Invest Radiol.* 40: 442–447, 2005
- Neff T, Kiessling F, Brix G, Baudendistel K, Zechmann C, Giesel F, Bendl R.*
Optimized Workflow for the Integration of Biological Information into Radiotherapy Planning: Experiences with T1w DCE-MRI. *Phys Med Biol.*, 50: 4209–4223, 2005
- Nekolla E, Veit R, Griebel J, Brix G.*
Frequency and Effective Dose of Diagnostic X-ray Procedures in Germany. *Biomed Tech.*; 50: 1334–1335, 2005
- Nekolla EA, Griebel J, Brix G.*
Einführung eines Mammographie-Screening-Programms in Deutschland: Erwägungen zu Nutzen und Risiko. *Radiologie* 45: 245–254, 2005
- Nolte R, Mühlbradt KH, Meulders JP, Stephan G, Haney M, Schmid E.*
RBE of Quasi-Monoenergetic 60 MeV Neutron Radiation for Induction of Dicentric Chromosomes in Human Lymphocytes. *Radiat. Environ. Biophys.* 44(3): 201–209, 2005
- Nosske D, Karcher K, Minkov V, Brix G.*
Dose Assessment for the Offspring after Radioiodine Therapy During an Unknown Pregnancy. *Biomed Tech.* 50: 925–926, 2005

Petoussi-Henss N, Zankl M, Nosske D.
Estimation of Patient Dose from
Radiopharmaceuticals Using Voxel Models.
Cancer Biotherapy & Radiopharmaceuticals 2005;
20: 103–109

Rimpler A, Barth I.
Beta-Strahler in der Nuklearmedizin – Strahlen-
gefährdung und Strahlenschutz des Personals.
Der Nuklearmediziner 28: 1–10, 2005

*Seidl C, Rößler U, Gomolka M, Müller-Laue E,
Hornhardt S, Morgenstern A, Schwaiger M Senekowitsch-
Schmidtke R.*
Quantification of Initial DNA Damage Triggered by
 α -emitters in Gastric Cancer Cells via the COMET Assay.
European Journal of Nuclear Medicine and Molecular
Imaging 32(1): 47, 2005

Stephan G, Kampen WU, Noßke D, Roos H.
Chromosomal Aberrations in Peripheral Lymphocytes
of Patients Treated with Radium-224 for Ankylosing
Spondylitis.
Radiat. Environ. Biophys 44: 23–28, 2005

Steiner M.
Dynamics of Radionuclides in Forest Ecosystems.
Kerntechnik. 2004; 69: 227–232

*Tapio S, Danescu-Mayer J, Asmuss M, Posch A,
Gomolka M, Hornhardt S.*
Combined Effects of Gamma Radiation and Arsenite
on the Proteome of Human TK6 Lymphoblastoid Cells
Mut Res/GenetToxicol Environ Mut. 581:141–152,
2005

Veit R, Lechel U, Truckenbrodt R, Brix G.
Does the Consideration of ‘Overtaking’ in the
Calculation of Effective Doses for CT Examinations
Improve the Correlation of Calculated with Measured
Doses?
Biomed Tech.; 50: 1328–1329, 2005

*Whitehouse CA, Edwards AA, Tawn EJ, Stephan G,
Oestreicher U, Moquet JE, Lloyd DC, Roy L, Voisin P,
Lindholm C, Barquinero J, Barrios L, Caballin MR,
Darroudi F, Fomina J.*
Translocation Yields in Peripheral Blood Lymphocytes
from Control Populations.
Int. J. Radiat. 81(2): 139–145, 2005

*Wichmann HE, Rosario AS, Heid IM, Kreuzer M,
Heinrich J, Kreienbrock L.*
Increased Lung Cancer Risk due to Residential Radon
in a Pooled and Extended Analysis of Studies in
Germany.
Health Phys. 88(1): 71–9, 2005

*Winger K, Feichter J, Kalinowski MB, Sartorius H,
Schlosser C.*
A New Compilation of the Atmospheric ^{85}Kr
Inventories from 1945 to 2000 and its Evaluation in
a Global Transport Model.
Journal of Environmental Radioactivity 80 (2005),
183–215

Monographien

*Latza U, Hoffmann W, Terschüren C, Chang-Claude J,
Kreuzer M, Schaffrath Rosario A, Kropp A, Stang A,
Ahrens W, Lampert T.*
Erhebung, Quantifizierung und Analyse der
Rauchexposition in epidemiologischen Studien
Robert-Koch-Institut, Berlin, 2005

Beiträge in Tagungsbänden / Broschüren

In:

Landolt-Börnstein: Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology – New Series Volume VIII/2: Radiological Protection. Kaul A, Becker D (Eds). Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag; 2005

Brix G, Weiss W.

Detectors for Radiation Protection.

In:

Landolt-Börnstein: Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology – New Series Group VIII/4: Radiological Protection. Kaul A, Becker D (Eds). Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag; 2005

Dalheimer A.

In Vitro Measurements: Excretion Analyses, pp. 10.83–10.98

Weiss W, Dietze G.

Radiation Protection Measurements:
External Exposure, pp.10–27 – 10–40;

In:

Proceedings of the 3rd International Conference on Education and Training in Radiological Protection (ETRAP), Brussels, Belgium, 23. – 25.11.2005

Schmitt-Hannig A, Möbius S, Bickel A, Sadagopan G, Williams M.

ENETRAP: Comparing the Scientific Content of the IAEA Standard Syllabus to European Requirements

Schmitt-Hannig A, Sefzig R.

Legal Requirements for Radiation Protection Training in Germany

In:

Radioactivity in the Environment, 7: McLaughlin J.P; Simopoulos SE, Steinhäusler F. (Hrsg.);
The Natural Radiation Environment VII, 2005

Kemski J, Klingel R, Siehl A, Stegemann R.

Radon Transfer from Ground to Houses and Prediction of Indoor Radon in Germany Based on Geological Information, pp. 820–832, 2005

In:

Tagungsbericht Jahrestagung Kerntechnik 2005. INFORUM-Verlag (Hrsg), Deutsches Atomforum: Bonn 2005

Fröhmel T, Berg HP, Görtz R, Kesten J, Schimetschka E.
Fortschreibung der Fachbände für Methoden und Daten zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke in Deutschland, S. 189–192

In:

Proceedings of the OECD/CSNI Workshop on Fire Probabilistic Safety Assessment, Puerto Vallarta, Mexico

Berg HP.

German Guidance on Assessing the Fire Safety Level of Nuclear Power Plants, 23 – 26 May 2005, CD-ROM

In:

Proceedings of the 9th International Conference on Structural Safety and Reliability: Augusti, G., Schuëller, G. I., Ciampoli, M. (Hrsg), ICOSAR 2005, Rome 2005

Berg HP.

Screening Procedures for the Probabilistic Analyses of Internal and External Hazards, S. 3663–3670

Berg HP, Görtz R, Schimetschka E.

Process Oriented Simulation Model: Theoretical Basis and Practical Applications S. 3671–3676

In:

Proceedings of the European Safety and Reliability Conference 2005: Krzysztof Kolawrocki (Hrsg) Vol. 1

Berg HP, Görtz R, Schimetschka E.

Improved Parameter Estimation for the Process Oriented Simulation (POS) Model for Common Cause Failures, S. 167–170

In:

18th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT-17), Post-Conference-Seminar No. III – Fire Safety in Nuclear Power Plants and Installations, Vienna, August 2005

Berg HP, Röwekamp M.

Information Needed for a Quantitative Assessment of Human Actions During Fire Events, CD-ROM

In:

Proceedings of the International Topical Meeting on Probabilistic Safety Assessment PSA '05, San Francisco, 11–15 September 2005

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

Updated Requirements on PSA Scope and Methods for Comprehensive Safety Reviews in Germany, S. 281–287, CD-ROM

Röwekamp M, Türschmann M, von Linden J, Berg HP.

Actual Results from a Fire PSA Performed with an Advanced Methodology for a German BWR (Type BWR-69), S. 1315–1322, CD-ROM

In:

Proceedings of the Second International ISCRAM Conference, Brussels, Belgium, April 2005.

Raskob W, Bertsch V, Geldermann J, Baig S, Gering F.

Demands to and Experience with the Decision Support System RODOS for Off-site Emergency Management in the Decision Making Process in Germany.

In:

Proceedings of the International Conference on Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM IV), Szczyrk, Poland, 17–21 May, 2004, IAEA-TECDOC-1472, October 2005

Döring J, Gerler J, Beyermann M, Schkade UK, Freese J.

Identification of Enhanced Concentrations of Pb-210 and Po-210 in Iron Ore Industry, S. 213–216

In:

Proceedings of the 9th European ALARA Network Workshop on Occupational Exposure to Natural Radiation, Augsburg, Germany, 18–21 October, 2005.

Döring J, Beck T, Beyermann M, Gerler J, Mielcarek J, Schkade UK.

Natural Radioactivity, Exposure and Radiation Protection for Selected Working Areas, in press

In:

The Natural Radiation Environment VII. McLaughlin JP, Simopoulos SE, Steinhäusler F (Hrsg): Elsevier Amsterdam 2005

Beck TR, Schwedt J, Hamel P.

Quality Assurance of Individual Radon Measurements, S. 731–739

In:

Fortschritte im Strahlenschutz: Strahlenschutz-Aspekte bei der Entsorgung radioaktiver Stoffe. Zuberbühler A, Baggenstos M, Zoubek N, Janett A (Hrsg), Basel, 37. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Basel, Schweiz, 20. bis 23. September 2005.

Schkade UK, Beyermann M, Döring J, Gerler J, Henze G, Mielcarek J.

Untersuchung natürlicher Radionuklide in ausgewählten NORM-Stoffen, S. 60–67

Wittwer C, Ibach TM, Kunze V, Ranft M.

Potenzielle Strahlenexposition infolge Ableitungen radioaktiver Stoffe während der Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM), S. 103–108

Kontakt:

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

D - 38201 Salzgitter

Telefon: +49 (0) 1888 - 3 33 - 0

Telefax: +49 (0) 1888 - 3 33 - 18 85

Internet: www.bfs.de

E-Mail: ePost@bfs.de

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



Bundesamt für Strahlenschutz