



JAHRESBERICHT 2007



Bundesamt für Strahlenschutz

IMPRESSUM:

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

E-Mail: ePost@bfs.de

Internet: www.bfs.de

Redaktion: Lutz Ebermann

Gestaltung/Druck: MAREIS DRUCK GmbH
Zeissstraße 8
89264 Weißenhorn

Fotos: BfS
und genannte Quellen

INHALTSVERZEICHNIS

Contents

VORWORT

Preface. 3

HÄUFIGKEIT VON KREBS BEI KINDERN IN DER UMGEBUNG VON DEUTSCHEN ATOMKRAFTWERKEN - DIE KIKK-STUDIE

Frequency of Childhood Cancer in the Vicinity of German NPPs – The KiKK Study 5

SICHERHEIT IN DER KERNTÉCHNIK - DISKUSSION UM ALTANLAGEN

Safety in Nuclear Technology - Arguing about older NPPs. 17

WEITERE ARBEITSSCHWERPUNKTE DES BfS

Further Topical Working Areas of BfS 38

DER POLONIUM-210-ZWISCHENFALL IN HAMBURG (2006): VERTIEFTE ANALYSE

The Polonium-210 Incident in Hamburg in 2006: A Deepened Analysis 38

DAS BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ ALS PARTNER DER WELTGESUNDHEITSORGANISATION

BfS as Partner of the World Health Organisation 45

ENDLAGER UND ENDLAGERPROJEKTE: AKTUELLER STAND

Repositories and Repository Projects: Current status 48

TRANSPORT UND ZWISCHENLAGERUNG VON RADIOAKTIVEN ABFÄLLEN UND KERNBRENNSTOFFEN

Transport and Interim Storage of Radioactive Waste and Nuclear Fuels. 56

MOBILFUNK UND STRAHLUNG: FORSCHUNG UND KOOPERATION

Mobile Communications and Radiation: Research and Cooperation. 59

KOMPETENZVERBUND STRAHLENFORSCHUNG

Competence Alliance Radiation Research 60

DIE DEUTSCHE URANBERGARBEITERSTUDIE: ERGEBNISSE UND AUSBLICK

The German Uranium Miner Study: New Results and Outlook. 61

FRÜHERKENNUNG VON BRUSTKREBS DURCH RÖNTGENREIHENUNTERSUCHUNGEN

Early Diagnosis of Breast Cancer by Mammography Screening 63

STRAHLENBELASTUNG BEIM RÖNTGEN: DIE ROLLE DER SO GENANNTEN TEILGEBIETS RADIOLOGIE IN DEUTSCHLAND

Radiation Exposure due to X-Ray Procedures: Contribution of Non-Radiologists in Germany 65

KONZEPTE VON EUROPÄISCHER UNION UND INTERNATIONALER ATOMENERGIE- ORGANISATION ZUR FREIGABE SCHWACH RADIOAKTIVER STOFFE

Concepts of EU and IAEA to the Definition of Clearance Levels for Low Level Radioactive Substances 67

MESSSTATION SCHAUINSLAND: 50 JAHRE SUCHE NACH RADIOAKTIVEN SPUREN

Schauinsland Measuring Station: 50 Years in Search for Radioactive Traces. 69

BODENNAHE RADONMESSUNGEN IN BERGBAUGEBIETEN

Ground Level Measurements of Radon in Mining Regions. 72

DIE EURADOS-INTERKALIBRATIONSMESSSTELLE AUF DER MESSSTATION SCHAUINSLAND	
The EURADOS Inter-Calibration Facility at Schauinsland Site.	75
FORSCHUNG FÜR NUKLEARE SICHERHEIT UND BESSEREN STRAHLENSCHUTZ	
Research for Nuclear Safety and a Better Radiation Protection	77
BfS: FAKTEN UND ZAHLEN	
BfS: Facts and Figures	84
PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	
Press and Public Relations	86
PUBLIKATIONEN	
Publications.	91
ABKÜRZUNGEN	
Abbreviations	96

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

mit der Entscheidung des Bundesverwaltungsgerichtes über die Genehmigung des Endlagers Konrad für radioaktive Abfälle, die keine oder nur wenig Wärme entwickeln, ist ein langer Genehmigungsweg zu Ende gegangen. Als verantwortlicher Betreiber baut das Bundesamt für Strahlenschutz diese ehemalige Eisenerzgrube nun zu einem Endlager um.

Das Endlager Konrad liegt in unmittelbarer Nachbarschaft unseres Hauptstandortes Salzgitter. Wir sind uns der besonderen Verantwortung, die damit verbunden ist, bewusst.

Dies auch in der Überzeugung, dass die Gesellschaft, die den Nutzen aus der nuklearen Stromerzeugung gezogen hat, auch Sorge tragen muss für die sichere Endlagerung der entstehenden radioaktiven Abfälle. Für einen Teil dieser Abfälle besteht mit dem Endlager Konrad nun eine Lösung, die in einem umfangreichen Genehmigungsverfahren geprüft wurde. Ich bin der Überzeugung, dass für diese Abfälle im ehemaligen Schacht Konrad ein sicheres Endlager eingerichtet werden kann.

Im Zentrum von Salzgitter informiert seit Mai 2008 die „Infostelle Konrad“ die interessierte Öffentlichkeit über den aktuellen Stand sowie die genauen Planungen bei der Einrichtung des Endlagers. Denn insbesondere die Bürgerinnen und Bürger der Region haben meiner Auffassung nach ein Recht auf Transparenz bei diesem besonderen Projekt.

Mit dieser Entscheidung ist eine wesentliche Weichenstellung hinsichtlich der Endlagerung eines Teils der radioaktiven Abfälle erfolgt. Was fehlt, ist eine sorgfältige und umsichtige Verfolgung der Frage, wo die hochradioaktiven Abfälle mit stärkerer Wärmeentwicklung endgelagert werden sollen. Diese machen zwar nur etwa zehn Prozent des Volumens aller Abfälle aus, enthalten aber über 99 Prozent der Radioaktivität.

Es gäbe die Möglichkeit, isoliert weiter den Standort Gorleben zu untersuchen, in den bereits erhebliche Mittel investiert wurden. Für die Herausforderung, dieses große radioaktive Inventar für über eine Million Jahre sicher von der Biosphäre abzuschirmen, ist aus meiner Sicht ein bundesweiter Vergleich potenzieller Endlagerstandorte sinnvoll und notwendig, um für Deutschland

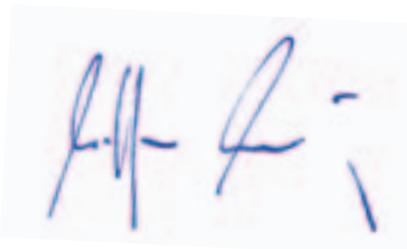
die bestmögliche Lösung dieses offenen Problems zu finden.

Fast 300 Vertreter von Organisationen und Behörden weltweit haben auf der von uns mitveranstalteten Fachtagung „Reposafe“ im Oktober 2007 in Braunschweig die internationalen Trends bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle diskutiert. Hier zeigte sich erneut, dass die Länder, deren Entsorgungsprogramme am weitesten vorangeschritten sind, in der Regel auf vergleichende Auswahlverfahren mit umfassender Beteiligung der Bevölkerung setzen: Wer transparent und nachvollziehbar vorgeht, kommt in derlei kontroversen Fragen offenbar besser voran.

Welchen hohen Stellenwert ein transparentes und bürgernahes Vorgehen gerade beim Betrieb von kerntechnischen Anlagen hat, zeigte im vergangenen Jahr in negativer Form das Agieren des Betreibers der Kernkraftwerke Brunsbüttel und Krümmel. Ein Brand im Kernkraftwerk Krümmel sowie eine Reaktorschnellabschaltung im Kernkraftwerk Brunsbüttel am selben Tag haben die Debatte über eine zuverlässige Information der Öffentlichkeit, menschliche Fehler in Kernkraftwerken sowie allgemeiner um die Sicherheit älterer Kernkraftwerke neu aufflammen lassen.

Nicht nur über diese Aufgaben und Herausforderungen des Jahres 2007 finden Sie umfassende Informationen in diesem Bericht des BfS.

Ich danke allen, die uns bei der Erfüllung unserer Aufgaben unterstützt haben. Besonders gilt dieser Dank den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die kompetent und tatkräftig im Jahr 2007 dazu beigetragen haben.



Wolfram König

Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz

HÄUFIGKEIT VON KREBS BEI KINDERN IN DER UMGEBUNG VON DEUTSCHEN ATOMKRAFTWERKEN – DIE KIKK-STUDIE

Frequency of Childhood Cancer in the Vicinity of German NPPs

DIE KIKK-STUDIE

The KiKK Study

Ansprechpartner:

Bernd Grosche (030 18333-2260)

The recent epidemiological study on childhood cancer in the vicinity of nuclear power plants in Germany (KiKK) shows that the cancer risk, especially the leukaemia risk, for children below the age of five years increases with increasing proximity to the site of a nuclear power plant.

Earlier ecological studies had found an increased leukaemia risk in children under five years within a five-kilometre radius. The case-control design used for the KiKK study provides results which are more reliable. A clear negative trend could be ascertained indicating that the risk increases with increasing proximity of the place of residence of the children relativ to the site of a nuclear power plant. Furthermore, the elevated risk was observed in the entire study region, i.e. also outside the 5-km radius. As it was not possible to determine individual radiation exposures of the more than 6,000 children which were included in the study, the distance between the site of the nearest nuclear power plant and the place of residence was used as a substitute for both cases and controls, respectively.

The study also took into account other risk factors with known or assumed carcinogenic effects. No indication was found that the result could be explained by a risk factor other than the vicinity to the nearest nuclear power plant. The clear dependence of risk on the distance from the sites is indicative for a potential causal relationship, however, this is no proof.

Hintergrund

Seit Beginn der Nutzung der Kernenergie gibt es Diskussionen um mögliche negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung, die in der Umgebung solcher Anlagen lebt. So gab es in den USA Ende der 1960er Jahre eine Diskussion um möglicherweise erhöhte Raten der Säuglingssterblichkeit. Im Jahre 1984 wurde dann über eine erhöhte Zahl an Leukämiefällen bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen aus der Umgebung der britischen Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield berichtet. Es schlossen sich Studien an, die alle größeren kerntechnischen Anlagen in England und Wales umfassten. Es wurde über ein statistisch signifikant gehäuftes Auftreten von Leukämien bei Kindern und Jugendlichen im 10-Meilen-Umkreis um kerntechnische Anlagen berichtet. 1992 wurde eine mit den britischen Arbeiten methodisch vergleichbare Studie („KKW-Studie I“) in Deutschland durch das Deutsche Kinderkrebsregister (DKKR) für den Zeitraum 1980 bis 1990 durchgeführt.

Diese zeigte für Kinder unter 5 Jahren in der 5-km-Zone eine statistisch signifikant erhöhte Erkrankungsrate für Leukämien. Da diese Ergebnisse sehr kontrovers diskutiert wurden und zeitgleich eine statistisch signifikante Häufung von Leukämien in der Umgebung des Kernkraftwerks Krümmel auftrat, wurde 1997 eine zweite Studie veröffentlicht („KKW-Studie II“), die Daten aus dem an die erste Studie anschließenden Zeitraum von 1991 bis 1995 sowie unter Einschluss der Daten aus der ersten Studie aus dem Zeitraum von 1980 bis 1995 betrachtete. Der Befund der ersten Studie für unter 5-jährige Kinder zeigte sich erneut, allerdings war er nicht mehr statistisch signifikant. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die zweite Studie eine etwas andere Methode verwendet hat. Die zweite Studie berücksichtigte zusätzlich weitere kerntechnische Anlagen mit niedrigerer Leistung sowie kürzerer Betriebsdauer, die in der ersten Studie nicht betrachtet worden waren, u. a. grenznahe Kernkraftwerke in Frankreich und der Schweiz und die Kernkraftwerke in den neuen Bundesländern.

Auch nach der Veröffentlichung der Ergebnisse dieser zweiten Studie ist die Diskussion über einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Krebserkrankungen bei Kindern und dem Wohnen in der Nähe von kerntechnischen Anlagen im Normalbetrieb nicht abgebrochen. In diesem Zusammenhang wurden auf der Basis eines Berichts des Bundesamtes für Strahlenschutz, der auf Informationen aus dem DKKR basierte, vom Umweltinstitut München Auswertungen durchgeführt, in denen Häufungen von Krebserkrankungen bei Kindern in der Umgebung der bayerischen Kernkraftwerke errechnet wurden. Über die Ergebnisse dieser Analysen gab es eine Auseinandersetzung in der Öffentlichkeit und in den Medien. Die Frage war, ob es sich dabei um zufällige Ergebnisse handelt oder ob hier ein ursächlicher Zusammenhang sichtbar wurde.

Die bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführten Studien waren sog. ökologische Studien, in denen die Erkrankungshäufigkeit in bestimmten Regionen mit der in anderen Regionen verglichen wird, etwa die im 5-km-Umkreis um einen Reaktor mit der Häufigkeit in einer Vergleichsregion ohne Reaktor. Studien dieser Art können keine Aussagen machen zu Faktoren, die den Ergebnissen zugrunde liegen. Mehr noch, sie unterliegen alle der Gefahr eines sog. ökologischen Trugschlusses, denn die verglichenen Regionen wurden auf der Grundlage gemittelter Daten aufgrund vieler vergleichbarer Eigenschaften, außer dem Vorhandensein eines Kernreaktors, ausgewählt. Ob diese Eigenschaften aber auch für jede erkrankte Person in den Regionen individuell zutreffen, ist nicht bekannt. Damit können wesentliche, ein Krankheitsrisiko bestimmende Faktoren durch die aus-

schließliche Betrachtung gemittelter Daten überdeckt werden und damit aus dieser Art Studien möglicherweise falsche Schlüsse gezogen werden. Vergleiche von Erkrankungsraten unterschiedlicher Regionen können daher zwar erste Hinweise auf Zusammenhänge liefern. Diese müssen aber in methodisch anspruchsvolleren Studien überprüft werden.

Auf Grund der anhaltenden Diskussion und unter Berücksichtigung der Probleme bei der Interpretation der Ergebnisse ökologischer Studien fand 2001 auf Einladung des BfS ein "runder Tisch" mit verschiedenen Interessensgruppen statt. Im Ergebnis beschloss das BfS, eine methodisch anspruchsvollere Studie – eine sog. Fall-Kontroll-Studie, bei der Informationen über die einzelnen in der Studie untersuchten Personen berücksichtigt werden – in Auftrag zu geben, um zu belastbareren Erkenntnissen zu kommen. Diese sog. KiKK-Studie (Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken) begann 2003. Zu untersuchende Fragestellungen und die Art der Studie wurde von einem interdisziplinär zusammengesetzten 12-köpfigen Expertengremium erarbeitet. Das BfS hat die Vorschläge des Gremiums aufgegriffen und mit der Durchführung der Studie nach einer Ausschreibung das Deutsche Kinderkrebsregister in Mainz beauftragt. Der wesentliche Fortschritt bei der Untersuchung der Frage, ob Kinder in der Nähe von Kernkraftwerken ein erhöhtes Krebsrisiko tragen, ist die Tatsache, dass hier das erste Mal nicht Erkrankungshäufigkeiten in unterschiedlichen Regionen miteinander verglichen wurden, sondern erkrankte Kinder und nach dem Zufallsprinzip nach Alter und Geschlecht zugeordnete Kontrollkinder in derselben Region auf individueller Basis miteinander verglichen wurden und somit exakte Angaben zur Entfernung des Wohnortes von einem Reaktor berücksichtigt werden konnten. Die Studie ist also die dritte in einer Reihe entsprechender Untersuchungen des Deutschen Kinderkrebsregisters. Sie hebt sich aber von den zwei ökologischen Vorläuferstudien in der Aussagequalität entscheidend ab. Der wesentliche Fortschritt bei der Untersuchung der Frage, ob Kinder in der Nähe von Kernkraftwerken ein erhöhtes Krebsrisiko tragen, ist der, dass hier, anders als bei den vorgenannten ökologischen Studien, das erste Mal nicht Erkrankungshäufigkeiten in unterschiedlichen Regionen miteinander verglichen wurden, sondern exakte Angaben zur Entfernung des Wohnortes von einem Reaktor berücksichtigt werden konnten – und zwar sowohl für erkrankte als auch für nicht erkrankte Kinder.

Fragestellung der Studie

Die Studie hatte drei Fragestellungen:

- Treten Krebserkrankungen bei Kindern unter 5 Jahren in der Umgebung von Kernkraftwerken häufiger auf?
- Nimmt das Risiko mit der Nähe zum Standort von Kernkraftwerken zu (sog. negativer Abstandstrend)?
- Gibt es gegebenenfalls Einflussfaktoren, die das gefundene Ergebnis erklären können?

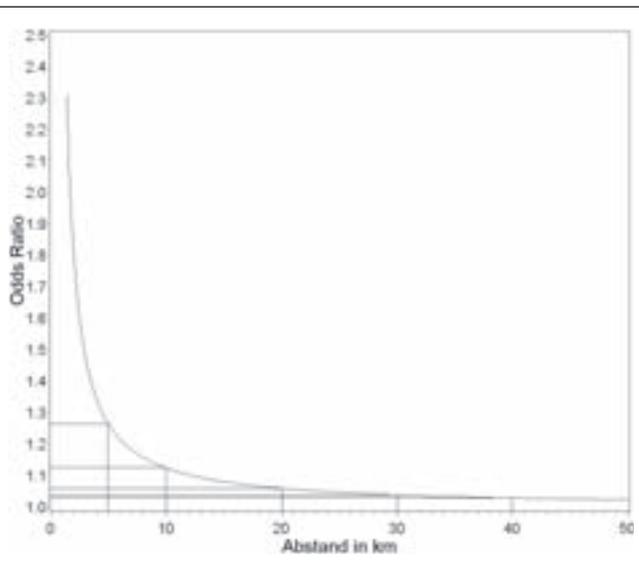
Zur Beantwortung der Fragen untergliederte sich die Studie in zwei Teile:

- Teil 1: Durchführung einer Fall-Kontroll-Studie ohne Befragung.
- Teil 2: Durchführung einer Fall-Kontroll-Studie mit Befragung bei einer Untergruppe von Teil 1, um mögliche Störfaktoren (Confounder) zu erkennen, die das in Teil 1 gefundene Ergebnis erklären können.

Die Fragestellung der Studie war so formuliert, dass nur Aussagen zu einem Zusammenhang zwischen dem Wohnen in der Nähe eines Reaktorstandortes und dem Erkrankungsrisiko gemacht werden können. Die Festlegung, den Abstand des Wohnortes und nicht die individuelle Strahlenexposition der Kinder als Maß zu betrachten, hat folgenden Hintergrund: Bei der Formulierung des Studiendesigns waren sich das BfS als Auftraggeber und das Expertengremium – dem zu diesem Zeitpunkt auch noch der spätere Auftragnehmer, das Deutsche Kinderkrebsregister, angehörte – einig, dass für die über 6.000 Kinder an den entsprechenden Wohnorten weder Messergebnisse vorliegen, noch eine Abschätzung ihrer jeweiligen Strahlenbelastung durch Modellrechnungen sinnvoll und praktisch kaum möglich ist. Strahlenbelastungen durch Kernkraftwerke im Normalbetrieb können grundsätzlich nur mit Hilfe von Expositionsmodellen abgeschätzt aber nicht direkt gemessen werden. In diese Abschätzmodelle gehen zahlreiche Annahmen zu Aufenthaltszeiten, Ernährungsverhalten usw. ein, die zum großen Teil mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind. Dies gilt insbesondere für rückwirkende Abschätzung der Strahlenbelastung, die im Falle der KiKK-Studie bis zurück ins Jahr 1980, dem Beginn des Studienzeitraums, hätten erfolgen müssen. Als Ersatz für die somit praktisch kaum durchführbare individuelle Expositionsabschätzung für alle in die KiKK-Studie einbezogenen Fall- und Kontrollkinder wurde daher der Abstand zwischen der Wohnung des jeweiligen Kindes und dem nächstgelegenen Kernkraftwerksstandort zum Zeitpunkt der Erkrankung (Diagnosestellung) festgelegt.

Wie wurde die Studie durchgeführt?

Die Studienregion umfasst 41 Landkreise in der Umgebung der 16 Standorte der deutschen Kernkraftwerke mit insgesamt 22 Reaktorblöcken (s. Abb. auf Seite 7). Betrachtet wurde jeweils der Landkreis, in dem sich der Reaktor befindet, der zum Reaktor nächstgelegene Nachbarlandkreis und, wegen der in Deutschland allgemein vorherrschenden Westwinde, der nächste östlich gelegene Landkreis. Die KiKK-Studie erfasst den Zeitraum von 1980-2003, unterteilt in zwei Studienzeiträume: die ersten 11 Jahre des Betriebs eines Leistungsreaktors und die restlichen Jahre. Dies wurde damit begründet, dass den beiden vorangegangenen Studien zufolge das gefundene Risiko im ersten Zeitraum höher war als im zweiten. Entsprechend wurde in der KiKK-Studie auch gefragt, ob sich gegebenenfalls zu findende Abstandstrends zwischen dem früheren und dem späteren Zeitraum unterscheiden.



Abhängigkeit des Krebsrisikos von Kindern vom Abstand des Wohnortes^a zum nächsten Kernkraftwerksstandort (Odds Ratio^a)

a) Das Odds Ratio ist ein Maß für das zusätzliche relative Krebsrisiko als Ergebnis einer Fall-Kontroll-Studie. Ein Odds Ratio von 1 zeigt, dass keine Risikoerhöhung vorliegt, ein Odds Ratio größer 1 zeigt eine Risikoerhöhung an.

b) Die Bezugslinien zeigen die geschätzten Odds Ratios für die ausgewählten Abstände (5, 10, 20, 30 und 40 km).

Zur Überprüfung der Ergebnisse hinsichtlich aller Diagnosen wurden Auswertungen (Sensitivitätsanalysen) durchgeführt, in denen jeweils ein Reaktorstandort aus der Bewertung ausgeschlossen wurde. Auch in diesen Fällen wurde für die verbleibenden 15 Standorte das gleiche Ergebnis erzielt. Das bedeutet, dass die Ergebnisse keinem einzelnen Reaktorstandort zuzuordnen sind, sondern für alle 16 Kernkraftwerksstandorte gemeinsam gelten. Die wiederholt geäußerte Vermutung, die durchschnittliche Häufung von Leukämie-Fällen in der Umgebung aller Kernkraftwerksstandorte sei allein oder überwiegend auf die erhöhte Häufigkeit um den Standort Krümmel zurückzuführen (sog. „Krümmel“-Effekt) kann aufgrund dieses Ergebnisses ausgeschlossen werden. Da die Bereitschaft der Gemeinden, aus dem Nahbereich der Reaktoren, Adressdaten für mögliche Kontrollkinder zu liefern, geringer war als in weiter entfernten Regionen, wurden bei einer weiteren Überprüfung auch alle Fälle aus den Gemeinden aus der Analyse ausgeschlossen, die keine bzw. nicht alle Kontrollen geliefert hatten. Auch in diesem Fall bestätigte sich das Ergebnis, dass mit der Nähe zum Reaktorstandort die Zahl der Erkrankungen zunimmt, d. h. die mögliche Verzerrung durch dieses Problem ist gering. Im Vergleich der beiden Studienzeiträume zeigte sich, dass für die erste Teilperiode ein deutlich ausgeprägter Abstandstrend zu beobachten war als für die zweite. Der Unterschied zwischen den Teilperioden war allerdings statistisch nicht signifikant.

Odds Ratios (Schätzer für das relative Risiko) in verschiedenen Abstandsbereichen von Kernkraftwerken für alle Krebserkrankungen (entnommen aus: Kaatsch et al., Epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KIKK-Studie); Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums (UFOPLAN) Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter 2007)

Verglichene Abstandskategorie		Odds Ratio	Untere einseitige 95%-Konfidenzgrenze*	p-Wert*
< 5 km	>= 5 km	1,61	1,26	0,0006
<10 km	>= 10 km	1,18	1,03	0,0251
<20 km	>= 20 km	1,06	0,96	0,1781
<30 km	>= 30 km	1,10	0,98	0,0903
<40 km	>= 40 km	1,04	0,88	0,3615
<50 km	>= 50 km	1,38	1,05	0,0247

*) bei einer Untergrenze größer als 1 oder ein p-Wert kleiner als 0,05 spricht man von einem statistisch signifikanten Ergebnis

Odds Ratios (Schätzer für das relative Risiko) in verschiedenen Abstandsbereichen von Kernkraftwerken für alle Leukämien, ermittelt aus dem gefundenen Abstandstrend und in Kategorien (entnommen aus: Kaatsch et al., Leukaemia in young children living in the vicinity of German nuclear power plants; International Journal of Cancer, Vol. 1220, S. 721-726, 2008)

Entfernung vom KKW [km]	Mittlerer Abstand zum KKW*	Odds Ratio entspr. Regressionsanalyse	Odds Ratio bei kategoreller Analyse	Fälle	Kontrollen
<5	3,09	1,76	2,27	37	54
5 - <10	7,62	1,26	1,09	58	173
10 - <30	17,79	1,10	1,01	332	1048
30 - <50	37,45	1,05	1,11	135	387
50 - <70	56,98	1,03	0,90	27	92
>= 70	73,59	1,02	1,00**	4	12

*) harmonisches Mittel; **) Referenzkategorie

Wie wird die Studie wissenschaftlich bewertet?

Das Ergebnis der Studie ist belastbar. Es ist weder ein Fehler bzw. Irrtum bei der Entwicklung des Studiendesigns noch bei der Gewinnung der Daten und ihrer Analyse erkennbar, der den beobachteten Effekt erklären könnte.

Die Studie stellt einen entscheidenden Fortschritt bei der Bearbeitung der seit etwa 30 Jahren diskutierten Frage nach gesundheitlichen Effekten in der Umgebung von Reaktoren dar, da hier ein epidemiologisch anspruchsvollerer Ansatz als bisher zur Anwendung kam. Durch den Fall-Kontroll-Ansatz konnten individuelle Wohnorte berücksichtigt werden, und zwar sowohl für Fälle als auch nach dem Zufallsprinzip über die Einwohnermeldeämter gezogene Kontrollen (nicht erkrankte Personen).

Das Ergebnis passt zu Resultaten der in der Vergangenheit durchgeführten ökologischen Studien, u. a. denen der beiden oben erwähnten Studien des DKKR. Die in diesen Vorläuferstudien ermittelte Risikoerhöhung ist mit der der KiKK-Studie vergleichbar. Sie wird auch im Zeitraum nach Abschluss dieser beiden Studien (1996-2003) beobachtet, wenngleich weniger deutlich. Das heißt, dass die früher durchgeführten ökologischen Studien hinsichtlich des Leukämierisikos in der Tendenz richtig lagen. Für andere Tumoren, namentlich ZNS-Tumoren, ließen frühere ökologische Studien Zusammenhänge vermuten, die die nun vorliegende Fall-Kontroll-Studie nicht bestätigte und die also als sog. ökologischer Trugschluss betrachtet werden müssen. Unerwartet ist das auffällige Ergebnis der Regressionsanalyse, die eine kontinuierliche Zunahme des Risikos bei zunehmender Nähe des Wohnortes zum Reaktorstandort zeigt, sowohl für Krebserkrankungen insgesamt als auch für Leukämien.

Betrachtet man die sog. zuordenbaren (attributiven) Risiken, so wurde vom DKKR folgendes Ergebnis berichtet:

- Im 5-km-Umkreis der 16 Standorte von Atomkraftwerken wären im statistischen Durchschnitt 48 Fälle bösartiger Neubildungen aller möglichen Krebserkrankungen bei Kindern unter 5 Jahren zu erwarten gewesen. Tatsächlich sind 77 Fälle aufgetreten. Das heißt, dass 29 Fälle allein auf das Wohnen in diesem Umkreis zurückzuführen sind. Das entspricht 1,2 zusätzlichen Fällen pro Jahr in den 5-km-Umkreisen der Kernkraftwerke.
- Bei den Leukämie-Neuerkrankungen wären im statistischen Durchschnitt 17 Fälle bei Kindern unter 5 Jahren im 5-km-Umkreis zu erwarten gewesen. Tatsächlich sind 37 Fälle aufgetreten. Das bedeutet, dass 20 Fälle allein auf das Wohnen im 5-km-Umkreis zurückzuführen sind bzw. pro Jahr zusätzliche 0,8 Fälle.

Das studienbegleitende Expertengremium wies in einer Stellungnahme vom 10.12.2007 zu Recht darauf hin, dass entsprechend dem Hauptergebnis der Studie, die einen Risikoanstieg mit zunehmender Nähe zum Reak-

torstandort für die gesamte Studienregion zeigt, der Effekt nicht auf den 5-km-Umkreis beschränkt sei:

- Das Risiko ist nicht nur im 5-km-Umkreis statistisch signifikant erhöht, sondern bis hin zu 50 km Entfernung. Legt man diese Distanz zugrunde, muss von mindestens 121-275 zusätzlichen Neuerkrankungen ausgegangen werden. Dies wären pro Jahr 5 bis 11 zusätzliche Krebserkrankungen.

Im gesamten Bundesgebiet sind zwischen 1980 und 2003 in dieser Altersgruppe 13.373 neue Krebserkrankungen (jährlich etwa 560 Fälle) aufgetreten sowie 5.893 neue Leukämieerkrankungen (jährlich etwa 250 Fälle).

Die Unterschiede der Ergebnisse für die beiden betrachteten Zeiträume – 1. Hälfte und 2. Hälfte des Betriebs eines Leistungsreaktors – spiegelt in etwa das Ergebnis wieder, das aus den KKW-Studien I und II bekannt ist: Der Effekt in der zweiten Periode ist schwächer als in Periode 1.

Eine 2007 erschienene Meta-Analyse ökologischer Studien kommt ebenfalls zu dem Schluss, dass eine erhöhte Häufigkeit kindlicher Leukämien bei kerntechnischen Einrichtungen zu beobachten sei, dass es aber keine nachvollziehbare Erklärung in Richtung eines ursächlichen Zusammenhangs gibt. Zudem kommt eine Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2006 zu dem Schluss, dass bei Kindern und Jugendlichen eine schwache Erhöhung zu beobachten ist, die sich am deutlichsten bei der jeweils untersuchten jüngsten Altersklasse in der nächsten Umgebung der Reaktoren zeigt.

Was sind die Ursachen für die erhöhten Krebsraten?

Hinsichtlich eines möglichen Einflusses der radioaktiven Abgaben der Reaktoren lässt sich feststellen, dass nach derzeitigem Kenntnisstand die zusätzliche Strahlenexposition der Bevölkerung durch den Normalbetrieb der Leistungsreaktoren allein zu gering ist, um die beobachtete Abstandsabhängigkeit des Risikos plausibel erklären zu können. Dazu müsste die Strahlenexposition mindestens 1000 Mal höher sein. Es gibt derzeit keine plausible Erklärung für den festgestellten Effekt, der über die 24 Jahre Untersuchungszeitraum ein insgesamt konsistentes Bild mit kleinen Schwankungen zeigt. Aufgrund der deutlichen Abhängigkeit des Risikos von der Entfernung zu den Standorten der Kernreaktoren gibt es Hinweise auf mögliche Zusammenhänge, aber keine Beweise. Bei der Interpretation früherer Studien wurden häufig Vermutungen geäußert, dass die erhöhten Krebserkrankungsraten auf andere Krebsrisikofaktoren zurückzuführen sind, die nicht mit Kernkraftwerken in Zusammenhang stehen. Derlei Vermutungen ließen sich aufgrund der bestehenden Datenlage weder bestätigen noch widerlegen. Diese unbefriedigende Situation sollte durch das Design der KiKK-Studie vermieden werden. In Teil 2 der Studie wurde eine Reihe von sog. Störgrößen (Confounder) untersucht, um zu prüfen, ob diese erklären können, weshalb bei Kindern unter 5 Jahren Krebserkrankungen häufiger auftreten, je näher diese an den

betrachteten Anlagenstandorten wohnen. Dabei handelte es sich um Faktoren, deren krebserregende Wirkung (wie bei radioaktiver Strahlung) nach heutigem Wissen erwiesen ist, oder für die eine krebserregende Wirkung vermutet wird. Geprüft wurden u. a. folgende mögliche Einflussfaktoren: Soziale Schicht, Wohnen in der Stadt bzw. auf dem Land, zusätzliche Strahlenexpositionen etwa durch Beschäftigung eines Elternteils in kerntechnischen Anlagen oder etwa durch medizinische Diagnostik des Kindes, andere Risikofaktoren wie Fungizide, Herbizide, Pestizide, Haarfärbemittel, Kopflausbehandlung, Faktoren wie Hormonbehandlung der Mutter, Infektionen der Mutter, Einnahme von Antiallergika der Mutter, besondere Geburtsumstände, Folsäurebehandlung sowie die immunologische Situation des Kindes (Kontakt mit Tieren, Allergien, Geschwister, Stillen, Impfung, soziale Kontakte). Keiner dieser Einflussfaktoren konnte erklären, warum Kinder unter 5 Jahren in der Nähe von Kernkraftwerksstandorten häufiger an Krebs erkrankt sind.

Es hat sich aber gezeigt, dass die Bereitschaft zur Teilnahme am Teil 2 der Studie bei den Krankheitsfällen und den Kontrollen stark von der Entfernung des Wohnorts zum Reaktor abhängig war. Es liegt also für die Beteiligung an Teil 2 der Studie (Fall-Kontroll-Studie mit Befragung) eine Selbstauswahl vor, die es nicht erlaubt, die Erkenntnisse aus diesem Teil der Untersuchung direkt auf den Teil 1 (ohne Befragung) zu übertragen. Aus diesem Grund und wegen der unterschiedlichen Bezugszeiträume der Studienteile 1 (1980 - 2003) und 2 (1993 - 2003) kann diese Auswertung nur Hinweise geben, aber bestimmte Einflussfaktoren nicht absolut ausschließen. Zusammengefasst kann man feststellen, dass die Studie keinen Hinweis gibt, dass einer der in der wissenschaftlichen Literatur diskutierten anderen Risikofaktoren für kindliche Krebserkrankungen, insbesondere Leukämien, das Studienergebnis wesentlich beeinflusst hat.

Insgesamt hat die KiKK Studie gezeigt, dass das Risiko für Kinder unter 5 Jahren, an Krebs und insbesondere Leukämie zu erkranken, zunimmt, je näher ihr Wohnort an einem Kernkraftwerksstandort liegt. Dieser Effekt ist stabil gegenüber unterschiedlichen Sensitivitätsanalysen. Es gibt keine Hinweise darauf, dass Einflüsse anderer Risikofaktoren den beobachteten Risikoanstieg erklären könnten. Strahlung kann aufgrund der Ergebnisse der KiKK-Studie als Risikofaktor für die beobachtete erhöhte Zahl von Erkrankungen grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der deutlichen Abhängigkeit des Risikos von der Entfernung zu den Standorten der Kernreaktoren gibt es Hinweise auf mögliche Zusammenhänge, aber keine Beweise.

Bundesminister Gabriel hat die Strahlenschutzkommission beauftragt, die KiKK-Studie selbst und deren Ergebnisse einschließlich deren Bewertung zu überprüfen. Die Stellungnahme der Strahlenschutzkommission soll im September 2008 vorliegen.

WAHRNEHMUNG DER KIKK-STUDIE IN DER ÖFFENTLICHKEIT

Public Response to the KiKK Study

Ansprechpartner:

Bernd Grosche (030 18333-2260)

The initial reactions of both the press and the scientific community after the publication of the KiKK study covered a wide spectrum of opinions on the actual outcome. The controversial discussion is ongoing. There is consensus that the study has been performed with a high professional standard and on the results that the cancer risk for children below the age of five years increases with increasing proximity to the site of a NPP. There is no consensus, however, on single interpretations of the results. The key controversy remains whether or not ionizing radiation can be excluded as risk factor. The study has stimulated discussions in other European states like Switzerland and France as well as in Japan and the US on the need to verify or falsify the results for their countries. In May 2008 BfS together with WHO and ICNIRP organized a workshop on "Risk Factors for Childhood Leukemia" to further improve our current knowledge on the complex origin of childhood leukemia.

Nach der Beratung mit dem Auftragnehmer, dem Deutschen Kinderkrebsregister, und dem Expertengremium stellte das BfS die Ergebnisse der Studie am 10. Dezember 2007 vor und stellte den ausführlichen Abschlussbericht der KiKK-Studie auf seine Homepage ins Internet ein. Die Veröffentlichung der KiKK-Studie fand zum einen breiten Anklang in der öffentlichen Diskussion und zum anderen wurde eine intensive Diskussion in der Fachwelt initiiert. Die breite Diskussion dokumentiert sich in vielen Beiträgen in Presse, Funk und Fernsehen sowie in vielen Anfragen beim BfS. Wenn man im Internet nach "KiKK-Studie" sucht, erhält man über 5.000 Treffer. Was sich in vielen Anmerkungen und Stellungnahmen zeigt, ist zunächst, dass anerkannt wird, dass bei der Studie neueste, wissenschaftlich anerkannte Methoden sorgfältig eingesetzt wurden. Auch die Ergebnisse werden durchgehend als verlässlich bewertet. Kontroverse Diskussionen gibt es aber zur einzelnen Interpretationen der Ergebnisse, wie sich zentral an der Diskussion zum attributablen Risiko zeigt. Der epidemiologische Fachbegriff "attributables Risiko" bezeichnet hier das zusätzliche Risiko für ein Kind unter 5 Jahren, an Krebs zu erkranken, wenn der Wohnort in einem bestimmten Abstand zum Standort eines Kernkraftwerkes lag, verglichen mit einem gleich alten Kind gleichen Geschlechts, dessen Wohnort weiter entfernt ist. Über Ursache und Ausmaß dieses Risikos weichen die Darstellungen des Studienteams, der Expertengruppe und weiterer Fachleute deutlich voneinander ab. Exemplarisch soll diese Diskussion durch Anmerkungen und Kommentare von einer Fachorganisation im Strahlenschutz, einem Informationsdienst zu Fragen von Strahlung und Radioaktivität, einer Ärztevereinigung und einer Interessenvereinigung für Kernenergie kurz beleuchtet werden. Der Fachverband für Strahlenschutz ist eine Vereinigung von Strahlenschutzfachleuten und -praktikern, überwiegend aus dem deutschsprachigen Raum. Er hat sich die

Förderung des Strahlenschutzes als Wissenschaft und als Beruf zum Ziel gemacht. In seiner Stellungnahme betont der Fachverband, dass trotz einer Reihe von noch zu klärenden Unplausibilitäten das Hauptergebnis der Studie, d. h. der statistisch signifikante Anstieg des Kinderkrebsrisikos mit abnehmender Entfernung zum nächsten Kernkraftwerk, anerkannt werden muss. Dieses Ergebnis beinhaltet aber zunächst keine Angabe über die kausale Natur dieser Abhängigkeit, d. h. darüber, was die Ursache für den beobachteten Risikoanstieg ist. Nach Auffassung des Fachverbandes für Strahlenschutz komme Strahlung allein als Ursache nicht in Frage. Der Fachverband sieht die Interpretation der Ergebnisse als komplex an und geht davon aus, dass diese die Strahlenforscher noch eine Weile beschäftigen werden. Die Berechnung der attributablen Risiken wird als problematisch angesehen, da der gefundene Abstandstrend modellbedingt auch über den 50-km-Umkreis hinaus statistisch signifikant bleibe. Mithin ließe sich im Extremfall über die Studienregion hinaus eine beliebige Zahl zusätzlicher Erkrankungsfälle berechnen, die alle den betrachteten 16 deutschen Standorten zuzurechnen wären. In der weiteren Diskussion greift der Fachverband die Frage der Zuverlässigkeit statistisch signifikanter Ergebnisse auf. Er kommentiert hier, dass ein Zurückziehen auf diese Interpretation allerdings zu einfach wäre und hieße, sich dem Vorwurf auszusetzen, nur Ergebnisse hinnehmen zu wollen, die einem selbst passend erscheinen.

In einer Stellungnahme des Deutschen Atomforums werden die Ergebnisse der KiKK-Studie als rein statistisch-mathematische Modellbetrachtungen dargestellt, die die Ableitung eines ursächlichen Zusammenhangs zwischen Kernkraftwerken und Auftreten von Krebserkrankungen nicht zuließen. Mit Verweis auf die Autoren der Studie sagt das Deutsche Atomforum, dass nicht berücksichtigte Einflüsse oder reiner Zufall als Erklärung nicht ausgeschlossen werden könnten. Die Ergebnisse werden in einer Weise zusammengefasst, dass die Studie keine neuen Erkenntnisse zur Verursachung von Krebserkrankungen bei Kindern um Kernkraftwerke liefere. Außerdem behauptet das Atomforum, dass es ähnliche Studien mit vergleichbaren Modellansätzen gebe, die Häufungen von kindlichen Leukämiefällen beispielsweise auch an Standorten ohne kerntechnische Anlagen oder an Standorten lediglich geplanter Kernkraftwerke zeigten.

Im Strahlentelex, einem Informationsdienst zu Radioaktivität, Strahlung und Gesundheit, werden die Ergebnisse der KiKK-Studie in Anlehnung an die Bewertung der Studienergebnisse durch das studienbegleitende Expertengremium dargestellt. Insbesondere greift das Strahlentelex die Diskussion zu den attributablen Risiken auf. Er hinterfragt die Beschränkung der Betrachtung nur auf den 5-km-Umkreis, die die Studienautoren vorgenommen hatten. Vielmehr sollte die gesamte Untersuchungsregion, d. h. bis etwa 50 km, für die Berechnung des attributablen Risikos herangezogen werden, da ja eine Abstandsabhängigkeit des Risikos für die Ge-

samtregion gezeigt worden sei. Weiter wird die Diskussion zu Leukämie-Clustern aufgegriffen. Mit Verweis auf Aussagen und Veröffentlichungen des Deutschen Kinderkrebsregisters und auf eine weitere Veröffentlichung zu Verteilungsmustern von Leukämien in Deutschland wird festgestellt, dass Leukämie-Cluster in Deutschland nicht systematisch beobachtet werden und damit der Verweis auf Cluster zumindest für Deutschland nicht als Erklärung der KiKK-Ergebnisse dienen kann. Auch die Diskussion um Planungsstandorte wird vom Strahlentelex aufgegriffen. Es wird darauf verwiesen, dass in fünf der sechs diesbezüglich in einer früheren Studie untersuchten Standorte geplanter Kernkraftwerke kein Risikoanstieg gefunden worden war und dass das Gesamtergebnis eines durchschnittlichen Risikoanstiegs an Planungsstandorten alleine durch Erkrankungen in der sechsten untersuchten Region zustande komme. Letzterer befindet sich zudem in der Nähe des Standortes Gundremmingen, an welchem 1966 das erste Kernkraftwerk in Betrieb ging.

Die Internationalen Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges, Ärzte in sozialer Verantwortung (IPPNW) bestätigen die sorgfältige Durchführung der Studie, kritisieren aber deren Darstellung durch das Deutsche Kinderkrebsregister, insbesondere in Bezug auf die attributiven Risiken und die Erklärung der Ergebnisse. Nach Vorliegen der Ergebnisse sehen die IPPNW jetzt die Zeit zu handeln. Die IPPNW fordern eine Überprüfung der heutigen Praxis der Emissionsmessungen, eine kritische Prüfung der bisherigen Annahmen zur Strahlenempfindlichkeit, insbesondere von Ungeborenen und Kleinkindern, der aus den bisherigen Annahmen zum Strahlenrisiko abgeleiteten Emissionsgrenzwerte sowie eine Ausweitung der KiKK-Studie auf ältere Kinder und Erwachsene. Außerdem regen sie an, die Daten der KiKK-Studie getrennt nach Reaktortypen auszuwerten.

In den Medien wurden über die oben bereits genannten hinaus verschiedene weitere mögliche Erklärungen für das in der Nähe der Standorte erhöhte Krebsrisiko für Kleinkinder diskutiert. Entsprechend könnten Röntgen, Impfungen, Allergien, Pestizide, Hochspannungsleitungen, Viren oder soziale Besonderheiten die Ursache sein. Auch wurde vereinzelt auf die Nähe zu Flussläufen als vermutete Risikofaktoren hingewiesen.

Aus Sicht des BfS hat der Fachverband für Strahlenschutz sicher recht mit der Vermutung, dass diese Studie die Strahlenschützer noch eine Weile beschäftigen wird. Aus Sicht des BfS ist eine Betrachtung alleine des 5-km-Radius nicht sinnvoll. Die Abhängigkeit des erhöhten Krebsrisikos vom Abstand zum nächsten Kernkraftwerk wurde für die gesamte Untersuchungsregion gezeigt und auch bei der Auswertung der Umkreise zeigte sich, dass nicht nur innerhalb von 5 km, sondern auch innerhalb von 10 km das Erkrankungsrisiko statistisch signifikant erhöht war; immer im Vergleich zu den jeweiligen Außenumgebungen der genannten Umkreise. Ebenso wenig ist das BfS der Auffassung, dass

man fachlich seriös begründet Aussagen zum attributiven Risiko machen kann, die wesentlich über die genannten Umkreise bzw. über die Untersuchungsregionen, d. h. den Abstand von 50 km, hinausgehen.

Das BfS vertritt die Auffassung, dass sowohl für den 5-km-Umkreis die attributablen Risiken – wie von den Autoren der KiKK-Studie getan – anzugeben sind, wie auch für die gesamte Untersuchungsregion bzw. den 50-km-Radius. Relativ ist die Zahl der zusätzlichen Fälle im engsten Umkreis am höchsten, zahlenmäßig im 50-km-Umkreis. Hinsichtlich der Forderungen der IPPNW stellt das BfS fest, dass mit der Norddeutschen Leukämie- und Lymphomstudie eine Untersuchung für Erwachsene bereits vorliegt. Diese Studie, die die Reaktorstandorte entlang der Elbe untersuchte, hat ebenfalls mit einem Fall-Kontroll-Ansatz gezeigt, dass es in dieser Bevölkerungsgruppe kein erhöhtes Leukämierisiko in Abhängigkeit vom Abstand von den Reaktoren gibt. Welche Maßnahmen zur weiteren Klärung der Befunde erforderlich sind, wird das BfS nach Vorliegen der Begutachtung der KiKK-Studie durch die Strahlenschutzkommission entscheiden. Hinsichtlich der Studien, die vom Atomforum angeführt werden, stellt das BfS fest, dass es sowohl aus England als auch aus Deutschland Untersuchungen gibt, die der Frage nach der Häufigkeit von Tumoren im Kindesalter in der Umgebung geplanter Anlagen nachgegangen sind. Lediglich für Deutschland lässt sich auf deren Grundlage aber die Aussage treffen, dass es auch hier für Kinder unter 5 Jahren ein erhöhtes Leukämierisiko gibt. Hier handelte es sich aber um ökologische Studien, nicht um methodisch erheblich anspruchsvollere Fall-Kontroll-Studien wie die KiKK-Studie.

Zu Hochspannungsleitungen als vermutete Risikofaktoren im Zusammenhang mit den Ergebnissen der KiKK-Studie stellt das BfS fest, dass das Magnetfeld um Hochspannungsleitungen sehr schnell mit dem Abstand abnimmt und zudem ein wesentlicher Teil der hier relevanten magnetischen Felder aus den Anlagen der häuslichen Stromversorgung stammt. Ein wesentlicher Einfluss von Hochspannungsleitungen auf die statistisch signifikante Abnahme des Krebsrisikos mit zunehmendem Abstand zu den Standorten der Kernkraftwerke ist daher wenig plausibel. Weiterhin nehmen Hochspannungsleitungen in Bezug auf die Gesamtfläche der Studienregion lediglich eine sehr kleine Fläche ein und können damit kaum einen Effekt erklären, der in der Studienregion insgesamt beobachtet wurde. Flussläufe wurden bisher in der wissenschaftlichen Literatur über erwiesene oder vermutete Risikofaktoren gar nicht als Risikofaktoren für kindliche Krebserkrankungen diskutiert. Insofern ist unklar, weshalb sie für Krebserkrankungen verantwortlich sein könnten. Auch hier trifft außerdem zu, dass sie in Bezug auf die Gesamtfläche der Studienregion lediglich eine sehr kleine Fläche einnehmen und damit kaum einen Effekt erklären können, der in der Studienregion insgesamt beobachtet wurde.

In den Diskussionen wurde eine Vielzahl grundsätzlich denkbarer krebserregender Faktoren als Erklärungsversuche herangezogen. Um das Studienergebnis jedoch tatsächlich erklären zu können, müssten diese Faktoren jedoch erstens in der gesamten Studienregion existieren und zudem – gegebenenfalls in Wechselwirkung mit Strahlung – mit wachsendem Abstand zu den Standorten der Kernkraftwerke eine immer geringere Wirkung entfalten. Denn in der KiKK-Studie wurde nicht eine schlichte regionale Häufung von Krebserkrankungen beobachtet, sondern Ansteigen des Risikos für bestimmte Krebserkrankungen bei Kindern unter 5 Jahren mit zunehmender Wohnortnähe zu den Reaktorstandorten. Sollten also Pestizide, Viren, Röntgen, Impfungen, soziale Besonderheiten oder ähnliche Faktoren für den Risikoanstieg mit verantwortlich sein, so wäre plausibel darzustellen, weshalb diese Faktoren jeweils in der Nähe der 16 Standorte stärker sind als in größerer Entfernung.

Je nach Sichtweise wurden die Ergebnisse der KiKK-Studie teils als Beweis einer gesundheitsschädigenden Wirkung der radioaktiven Abgaben der Leistungsreaktoren angesehen. Von anderen wurde der Standpunkt eingenommen, dass zwar das Ergebnis vorliegt, die Strahlenexposition der Bevölkerung aber viel zu gering ist, um als Ursache für den Befund herangezogen zu werden. Es gab zudem Stimmen, u. a. zunächst die des Deutschen Kinderkrebsregisters, die Strahlung grundsätzlich als Risikofaktor ausschlossen. Das Interesse der allgemeinen Öffentlichkeit war nicht nur kurz nach der Veröffentlichung der Ergebnisse in der Tagespresse hoch, sondern ist auch Monate danach noch sehr rege, wie die vielen Anfragen an das BfS zeigen. Von Beginn an hat das BfS darauf gedrängt, nicht vorschnell zu abschließenden Positionierungen zu kommen, sondern die Fakten kritisch zu betrachten, Erklärungen sorgfältig auf ihre Plausibilität zu prüfen und offene Fragen klar zu benennen. Um die sachliche Diskussion weiter voran zu bringen, führte das BfS in Zusammenarbeit mit der Weltgesundheitsorganisation WHO und der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung ICNIRP im Mai 2008 einen internationalen wissenschaftlichen Workshop durch, in dem mögliche Ursachen kindlicher Leukämien auf breiter fachlicher Grundlage besprochen wurden.

Neben der Wahrnehmung der Studie in der allgemeinen Öffentlichkeit ist auch die Wahrnehmung in der Fachöffentlichkeit von großer Bedeutung. Hier zeigt sich ebenfalls auch Monate nach den Veröffentlichungen in Fachzeitschriften ein kaum nachlassendes Interesse. Dem BfS ist bekannt, dass andere Länder mit vergleichbaren Studienansätzen die Fragestellungen der KiKK-Studie aufgreifen wollen. In der Schweiz sollen neben den Reaktoren auch andere Punktquellen berücksichtigt werden. In Frankreich wurde ein Expertengremium einberufen, um eine kritische Würdigung des vorhandenen Wissens zu Leukämien bei Kindern und Jugendlichen in der Umgebung von Kernkraftwer-

ken vorzunehmen. Auch in Japan, wo eine große Anzahl von Kernkraftwerken in Betrieb ist, ist die Studie auf großes Interesse gestoßen. Nach den im BfS vorliegenden Informationen wird auch in den USA geprüft, ob dort eine vergleichbare Untersuchung durchgeführt werden kann.

Um möglichst von Beginn an ein breites Spektrum wissenschaftlicher Auffassungen in die Diskussionen zur KiKK-Studie einzubinden, hat das BfS bereits in der Phase der Projektierung ein Expertengremium zur Studienbegleitung berufen. Dieser offene Umgang mit Fragestellungen, die in der Fach- und allgemeinen Öffentlichkeit kontrovers diskutiert werden, hat sich in der Rückschau als sinnvoll und richtig erwiesen. Es konnten zwar nicht alle Schwierigkeiten im Verfahren vermieden werden, doch der heute bestehende allgemeine Konsens darüber, dass die Studie unter Beachtung der praktischen Machbarkeit mit den bestmöglichen wissenschaftlichen Methoden durchgeführt wurde und dass das Ergebnis nicht auf Grund mangelhafter Methodik oder ungenügender Datenqualität zustande gekommen ist, war die Anstrengungen wert.

Die offenen Fragen zu den Ursachen des Befundes der KiKK-Studie und die Diskussion darüber, ob die radioaktiven Abgaben der Kernkraftwerke ursächlich an dem beobachteten Risikoanstieg beteiligt sind oder ihn eventuell alleine verursachen, machen es besonders notwendig, die Umgebungsüberwachung der Kernkraftwerke auf einem nach wie vor hohen technischen Standard zu halten und dort, wo fachlich notwendig, weiterzuentwickeln.

Zusammengefasst zeigt sich, dass nach anfangs zum Teil polemischen und mitunter wenig qualifizierten Kommentaren zwischenzeitlich eine sachlichere Diskussion erfolgt. Die Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung deutscher Kernkraftwerke hat in weiten Teilen der Bevölkerung und der Wissenschaften außerordentliche Aufmerksamkeit gefunden. Obwohl einige sofort die Ergebnisse der Studie, ob inhaltlich verstanden oder nicht, schnell als Teil einer „Anti-KKW-Argumentation“ zu instrumentalisieren versuchten, war doch insgesamt ein eher sachlicher, vorsichtiger und weitgehend verantwortungsvoller Umgang mit den Ergebnissen und ihrer Bewertung in der öffentlichen Diskussion zu erkennen. Wesentlich dazu beigetragen haben, dass die Studie sofort öffentlich verfügbar war, der Studie von verschiedenen Seiten große Sorgfalt in der Durchführung zugesprochen wurde und das BfS alle an der Diskussion Beteiligten wiederholt aufgefordert hat, bei einer sachlichen Diskussion der Ergebnisse zu bleiben, Verfahrensfragen hintenanzustellen und sich in Stellungnahmen und Bewertungen verantwortlich gegenüber den primär betroffenen Kindern und Familien zu verhalten.

EMISSIONSÜBERWACHUNG VON KERNKRAFTWERKEN

Monitoring of Radioactive Emissions from NPPs

Ansprechpartner:

Christopher Strobl (030 18333-2510)

According to the Radiation Protection Ordinance (Strahlenschutzverordnung), any uncontrolled release of radioactive material from nuclear power plants into the environment has to be avoided. In accordance with the Guideline on Emission and Immission Monitoring (REI) and KTA safety standards the operators of nuclear installations perform monitoring measurements themselves (Eigenüberwachung) and submit the results to the supervisory authorities. The measurements are performed continuously on weekly, monthly, quarterly and yearly collected water and air samples to monitor the discharge of the nuclides or nuclide groups with exhaust air and with waste water. According to the guideline on the control of the radiation measurement programme performed under the responsibility of the nuclear plant operator, the Federal Office for Radiation Protection performs a quality assurance programme the results of which are submitted to the supervisory authorities. Furthermore the plant operators are also obliged to participate in round-robin tests, ensuring that a comprehensive quality control can be guaranteed.

Anlässlich des von der KiKK-Studie festgestellten erhöhten Krebsrisikos für Kleinkinder in unmittelbarer Umgebung von kerntechnischen Anlagen sind deren radioaktive Ableitungen wieder verstärkt ins Blickfeld geraten. Besonders konzentriert sich die Diskussion auf die Zuverlässigkeit der von den Betreibern im Rahmen der Eigenüberwachung ermittelten Aktivitätsableitungen in die Umwelt.

Schutz der Bevölkerung durch die Kontrolle der Eigenüberwachung von kerntechnischen Anlagen

Trotz moderner Rückhalte- und Aufbereitungstechniken werden aus Kernkraftwerken im Normalbetrieb radioaktive Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser in die Umwelt abgegeben. Da diese zu einer zusätzlichen Strahlenexposition der Bevölkerung führen, sind die Betreiber von Kernkraftwerken dazu verpflichtet, die Ableitung zu minimieren und alle abgeleiteten radioaktiven Stoffe nach Art und Aktivität zu spezifizieren und zu bilanzieren (Eigenüberwachung). Für den Bereich Fortluft umfasst diese Eigenüberwachung die Bestimmung der Aktivitätsableitungen radioaktiver Edelgase, gasförmiger Verbindungen von Iodisotopen, Tritium und Kohlenstoff-14 sowie von an Schwebstoffen angelagerten alpha-, beta- und gammastrahlenden Radionukliden. Die Bilanzierung der Ableitung dieser radioaktiven Stoffe mit der Fortluft erfolgt, je nach Radionuklid bzw. Radionuklidgruppe, als Tages-, Wochen- bzw. Vierteljahresableitungswert. Zusätzlich werden für ausgewählte Radionuklidgruppen kontinuierlich oder in sehr kurzen Zeitintervallen so genannte „Monitoring“-Messungen durchgeführt. Diese Messungen ermöglichen es dem Betreiber, erhöhte Ableitungen frühzeitig zu erkennen

und gewährleisten darüber hinaus auch die Überwachung der Ableitung sehr kurzlebiger Radionuklide. Im Gegensatz zur Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft dürfen radioaktive Abwässer erst an die Umwelt abgegeben werden, wenn eine Entscheidungsmessung ergeben hat, dass ein vorgegebener Grenzwert für die Gesamtaktivitätskonzentration nicht überschritten wird. Zur Bilanzierung der mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe müssen vom Betreiber die Aktivitätskonzentrationen gamma- und betastrahlender Radionuklide sowie die Gesamtalphaaktivitätskonzentration bestimmt werden. Die Anforderungen an die Messverfahren und die Messeinrichtungen sind in der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung (REI) und in den entsprechenden Sicherheitstechnischen Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) festgelegt.

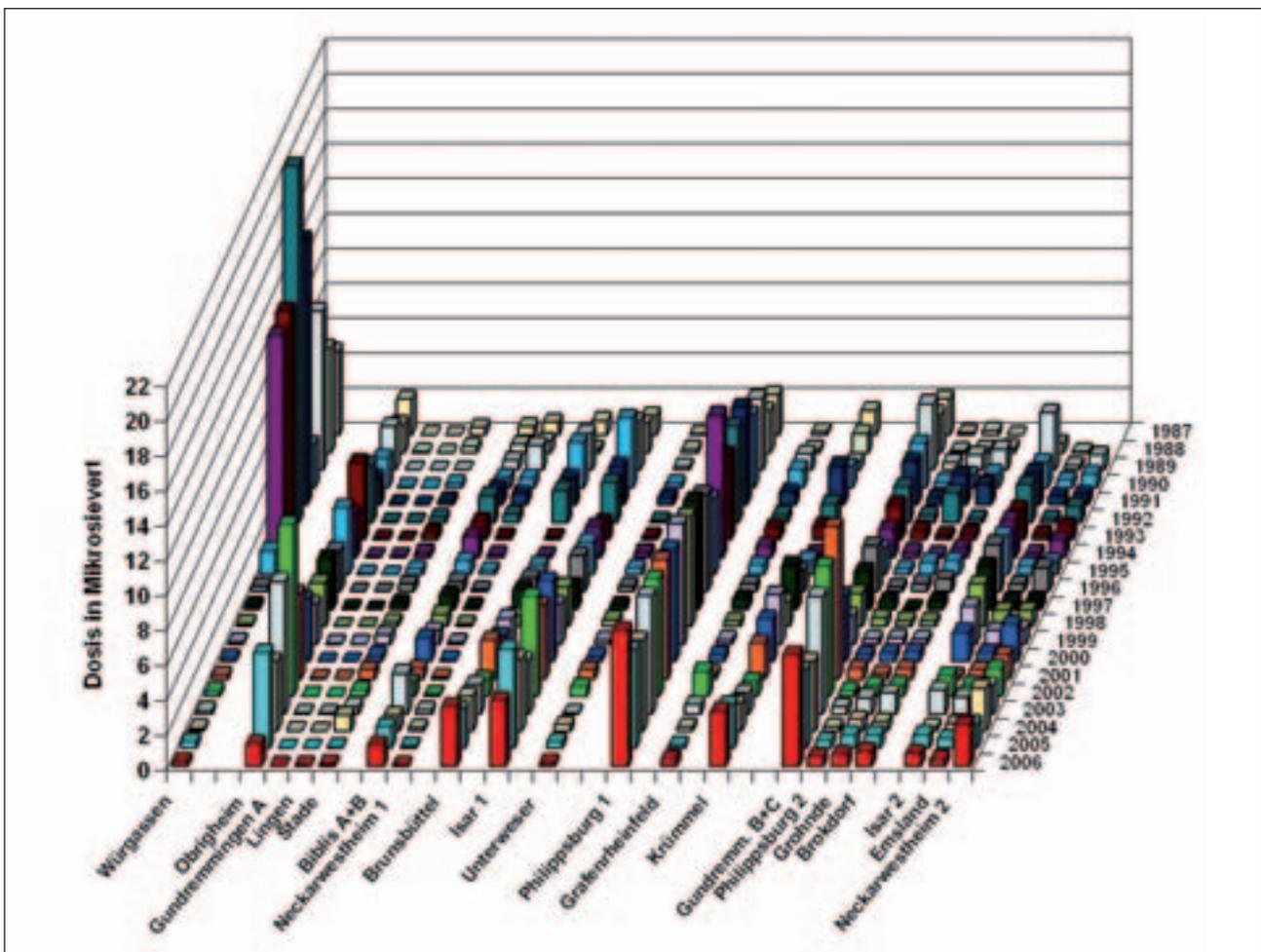
Kontrolle der Eigenüberwachung durch unabhängige Messstellen

Um die Zuverlässigkeit und Qualität der Eigenüberwachung wirksam zu kontrollieren, führt das Bundesamt für Strahlenschutz bzw. seine Vorgängerbehörde seit mehr als 25 Jahren als Sachverständiger im Auftrag der zuständigen Länder-Aufsichtsbehörden Kontrollmessungen durch. Gesetzliche Grundlage dieses Kontrollmessprogramms ist die bundeseinheitliche Richtlinie „Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken“. Gemäß dieser Richtlinie

fordert das BfS von den Betreibern sämtliche Bilanzierungsproben an, wählt hiervon stichprobenartig einzelne aus und führt unabhängig von den Betreibermessungen eigene Aktivitätsbestimmungen durch.

Im Bereich Fortluft werden entsprechend den Festlegungen der REI Kontrollmessungen an Schwebstoff- und Iodfiltern sowie an Tritium- und Kohlenstoff-14-Sammelmedien an Wochen- bzw. Quartalsmischproben durchgeführt. Der Anteil der kontrollierten Proben beträgt bei Gammastrahlern mindestens zehn Prozent, bei Tritium und Kohlenstoff-14 mindestens 25 Prozent sowie bei Alphastrahlern und Strontiumisotopen 100 Prozent.

Des Weiteren wird die betreibereigene Messung und Bilanzierung der Ableitung radioaktiver Edelgase mit der Kaminfortluft durch regelmäßige mehrwöchige Vergleichsmessungen in allen in Betrieb befindlichen deutschen Kernkraftwerken überprüft. Hierzu werden vom BfS im 3-jährigen Turnus kontinuierlich arbeitende Edelgasmesseinrichtungen, die die Aktivitätskonzentration radioaktiver Edelgase in der Kaminfortluft messen, in den Kernkraftwerken installiert. Diese Direktmessung der Kaminfortluft ist notwendig, weil radioaktive Edelgase, im Gegensatz zu den oben angegebenen Radionukliden bzw. Nuklidgruppen, sich nur bedingt durch Sammeleinrichtungen erfassen lassen. Darüber hinaus erfordert auch die sehr kurze Halbwertszeit



Effektive Dosis für 12 Monate alte Kinder über die Fortluft bei Kernkraftwerken

einiger radioaktiver Edelgase eine direkte Bestimmung vor Ort.

Im Bereich Abwasser umfasst das Kontrollprogramm des BfS die Messung von Gammastrahlern an Wochenmischproben aus zwei Monaten, Tritium, Strontium-Isotopen und Alphastrahlern an einer Quartalsmischprobe sowie den Radionukliden Fe-55 und Ni-63 an einer Jahresmischprobe.

Berichterstattung

Die Messwerte der Betreiber werden vom BfS mit den Ergebnissen der Kontrollmessungen verglichen und in Quartals- bzw. Jahresberichten den jeweiligen Aufsichtsbehörden und Betreibern vorgelegt. Die Ergebnisse der Messungen des Betreibers und des BfS stimmen im Allgemeinen innerhalb der jeweiligen Messunsicherheiten überein. Bei abweichenden Messergebnissen werden die möglichen Ursachen gemeinsam von der zuständigen Aufsichtsbehörde, dem Betreiber und dem BfS ermittelt und Lösungsansätze erarbeitet. Um alle zuständigen Aufsichtsbehörden und Betreiber von Kernkraftwerken über die aktuell bei den Kontrollmessungen erkannten Problemfelder zu informieren, werden von Seiten des BfS regelmäßig Fachgespräche in den Bereichen Fortluft und Abwasser durchgeführt. Diese Fachgespräche leisten ferner einen wichtigen Beitrag zur Vermittlung des Standes von Wissenschaft und Technik im Bereich der Emissionsüberwachung.

Ringversuche

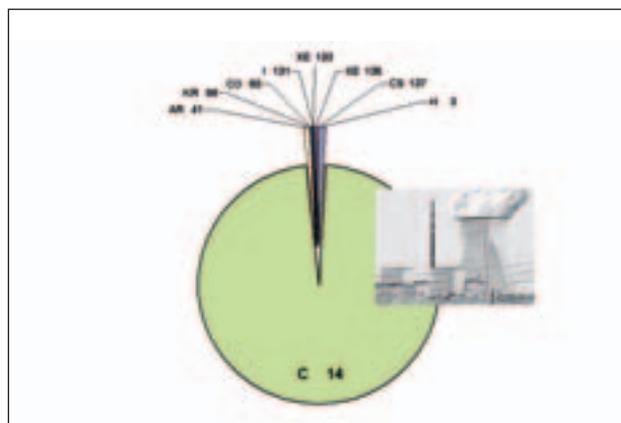
Ein weiteres wesentliches Instrument zur Qualitätssicherung bei der Überwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken ist die regelmäßige Durchführung von Ringversuchen. Das BfS organisiert gemeinsam mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) jährlich einen Ringversuch „Abluft“ zur Messung der Aktivität ausgewählter Radionuklide auf Standardpräparaten sowie einen Ringversuch „Abwasser“ zur Bestimmung der Radionuklidzusammensetzung einer Modellabwasserprobe und einer realen Abwasserprobe einer kerntechnischen Anlage. Die Betreiber von kerntechnischen Anlagen bzw. die von ihnen beauftragten Messlabore sind zur Teilnahme an diesen Ringversuchen verpflichtet. Diese Ringversuche, an denen in den letzten Jahren vermehrt auch internationale Messlabore teilgenommen haben, ermöglichen eine objektive Bewertung der Qualität der im Rahmen der Eigenüberwachung ermittelten Messwerte.

Ergebnisse von Kontrollmessungen am Beispiel von Kohlenstoff-14

Der Hauptdosisanteil der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft hervorgerufenen Strahlenexposition in der Umgebung von Kernkraftwerken wird im Wesentlichen durch das Radionuklid Kohlenstoff-14 bestimmt. Dosisrelevant ist hierbei vor allem die Ingestion von Kohlenstoff-14 in Form von Kohlenstoffdioxid, welches in die Nahrungskette gelangt und vom Menschen mit dem Essen aufgenommen wird. Zur Verdeutlichung sind in der folgenden Abbildung die über alle Standorte der in Betrieb befindlichen deutschen Kernkraftwerke gemittelten Anteile der je-

weiligen Radionuklide an der effektiven Dosis für Kleinkinder aufgetragen.

Die vom BfS ermittelte effektive Dosis für Kleinkinder (1 Jahr) weist für alle deutschen Kernkraftwerksstandorte Werte von weniger als 20 Mikrosievert auf und liegt demzufolge deutlich unter dem in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Grenzwert von 300 Mikrosievert. Die Siedewassereaktoren der sog. Baulinie '69, Brunsbüttel, Isar 1, Krümmel, Philippsburg 1 und Würgassen, Gundremmingen B und C der Baulinie '72 sowie der inzwischen stillgelegte alte Druckwasserreaktor Obrigheim weisen im Schnitt deutlich höhere Werte auf. Auffällig in der Abbildung ist insbesondere der deutliche Rückgang der effektiven Dosis für den Standort Würgassen, der durch die Abschaltung dieser Anlage im Jahr 1994 bedingt ist (s. Abb. auf Seite 14).



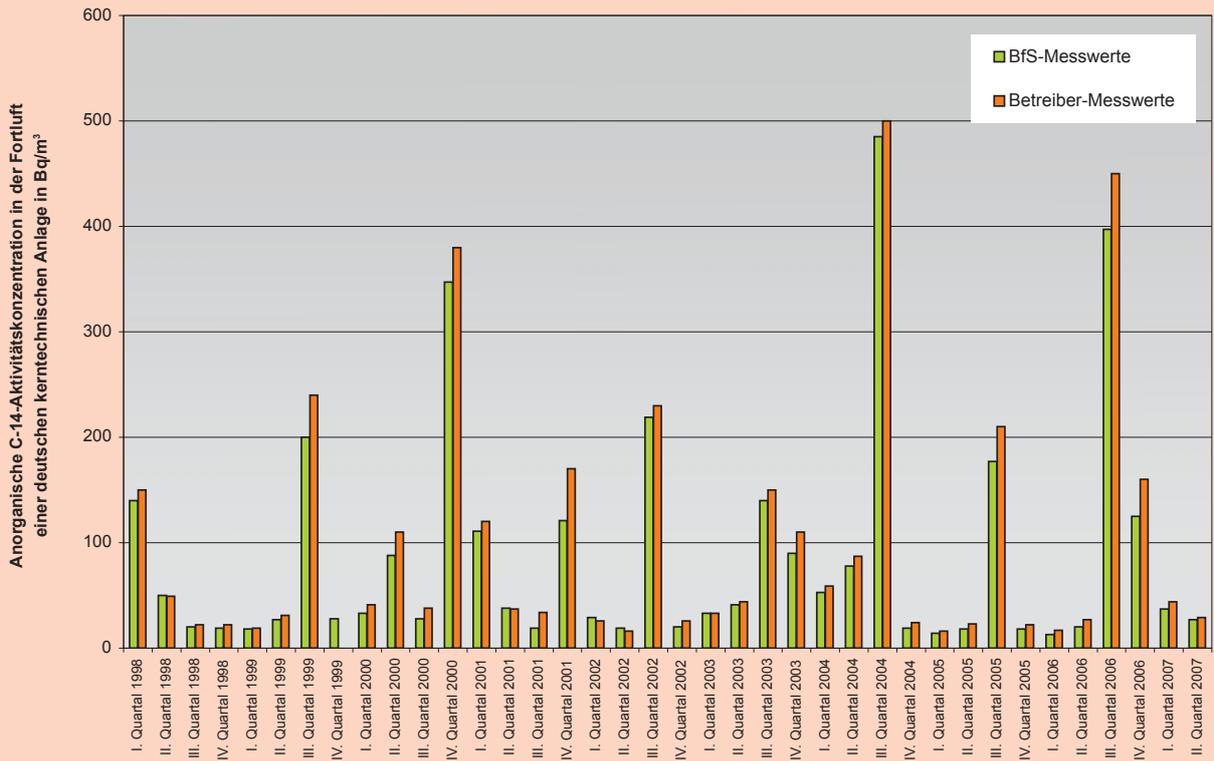
Dosisanteile der mit der Fortluft abgeleiteten Radionuklide beim Betrieb von Kernkraftwerken in Deutschland

Für eine realitätsnahe Berechnung der effektiven Dosis ist die Verlässlichkeit der vom Betreiber ermittelten Emissionsdaten von entscheidender Bedeutung. Eine entsprechende Bewertung der betreibereigenen Messwerte erlaubt exemplarisch der in der Abbildung auf Seite 16 oben dargestellte Vergleich mit den Ergebnissen der Kontrollmessungen des BfS. Wie die Darstellung zeigt, stimmen die ermittelten Aktivitätskonzentrationen im Rahmen der jeweiligen Messunsicherheiten überein.

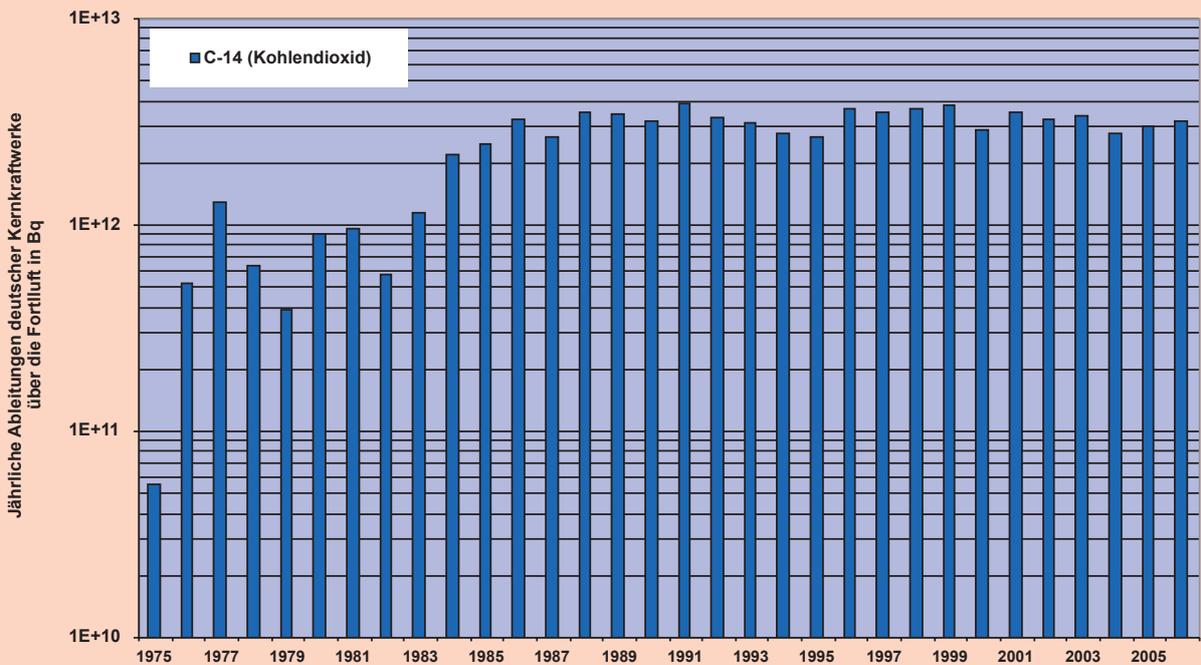
Um einen Überblick über den zeitlichen Verlauf der Aktivitätsableitungen von Kohlenstoff-14 aus allen deutschen Kernkraftwerken seit 1980 zu erhalten, sind diese Werte in der nachfolgenden Abbildung auf Seite 16 dargestellt. Der deutliche Anstieg der Ableitungen von Kohlenstoff-14 nach 1983 ist durch die Inbetriebnahme einiger großer Kernkraftwerksblöcke bedingt.

Resümee

Das vom BfS im Rahmen der Kontrolle der Eigenüberwachung durchgeführte Messprogramm stellt ein effektives und effizientes Instrument zur Qualitätssicherung bei der Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser aus kerntechnischen Anlagen dar. Es ermöglicht eine realitätsnahe Berechnung der Strahlenexposition und leistet einen maßgeblichen Beitrag zum Schutz der Bevölkerung.



Vergleich der vom Betreiber und dem BFS ermittelten Kohlenstoff-14-Aktivitätskonzentrationen in der Fortluft am Beispiel eines süddeutschen Druckwasserreaktors (KKW Neckarwestheim 2)



Jährliche Aktivitätsableitungen von Kohlenstoff-14 als Kohlenstoffdioxid mit der Fortluft aus Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland

SICHERHEIT IN DER KERNTÉCHNIK – DISKUSSION UM ALTANLAGEN

Safety in Nuclear Technology - Arguing about older NPPs

ÜBERBLICK

Survey

Ansprechpartner:

Heinz-Peter Berg (030 18333-1501)

The process of surveillance of German nuclear power plants with respect to safety is a dynamic process where different organisations are involved. BfS as a governmental organisation elaborates proposals for regulations resulting from operating experience and new research results or further development of methods in safety evaluation. Typical fields are probabilistic safety assessment, digital I&C, safety management. Moreover, the department of nuclear safety supports the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, e. g. in his duties to fulfil the nuclear safety convention. These activities include an active participation in international working groups of IAEA and OECD/NEA. Specific activities in 2007 were related to the transformer fire in the nuclear power plant Krümmel showing deficiencies, in particular, in the safety management of the plant, the preparation of the 4th national report under the nuclear safety convention and comprehensive support in the development of international standards (e. g. on event tree analysis) and on periodic safety review and probabilistic safety assessment in the frame of safety guides issued by the International Atomic Energy Agency.

Einleitend berichtet dieser Schwerpunkt, welche kern-technischen Debatten in der Fachwelt sowie der allgemeinen Öffentlichkeit in Deutschland 2007 geführt wurden. Anschließend wird ein Überblick über die kern-technischen Aufgaben des BfS gegeben, mit kürzeren Beiträgen, u. a. zur derzeitigen Überarbeitung des deutschen kerntechnischen Regelwerks, zu international ausgerichteter Arbeit des BfS sowie zum Kompetenzerhalt auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit. Danach folgen längere Fachbeiträge zu ausgewählten Themen, etwa meldepflichtigen Ereignissen 2007 oder auch zum Stand der Reststrommengen der deutschen Kernkraftwerke.

Öffentliche Diskussion nach den Ereignissen in den Kernkraftwerken Brunsbüttel und Krümmel

Am 28. Juni 2007 sorgten Ereignisse in zwei deutschen Atomkraftwerken für öffentliche Aufmerksamkeit. In der Nähe des Kernkraftwerks Brunsbüttel, unweit von Cuxhaven, fanden an diesem Tag Instandhaltungsarbeiten des Stromnetzbetreibers E.ON statt, die in keinem Zusammenhang mit dem Kernkraftwerk standen. Bei diesen Arbeiten entstand um 13.10 Uhr ein Kurzschluss, der zur Folge hatte, dass das Kernkraftwerk vom Netz getrennt wurde. Deshalb wurde die Stromerzeugung des Kernkraftwerks zunächst automatisch auf den

Eigenbedarf des Kraftwerks abgesenkt. Im weiteren Verlauf dieses so genannten „Lastabwurfs auf Eigenbedarf“ kam es aufgrund technischer Probleme im Bereich der Turbine zu einer ungeplanten Schnellabschaltung der Turbine und nachfolgend zu einer Schnellabschaltung des Reaktors.

Im Kernkraftwerk Krümmel ist um 15.02 Uhr einer der beiden Transformatoren, die das Kraftwerk mit dem 400-kV-Hochspannungs-Netz verbinden, in Brand geraten. Dieser Transformator befindet sich nicht im Reaktor-gebäude, sondern in einer eigenen Umhausung in der Nähe des Maschinenhauses. Unmittelbar nach dem Brandausbruch wurden beide Transformatoren vom Netz getrennt, so dass das Kraftwerk keinen Strom mehr über das 400-kV-Hochspannungsnetz ableiten bzw. aufnehmen konnte. Die dadurch ausgelöste Umschaltung auf ein Reservenetz führte auch in dieser Anlage zu einer Reaktorschnellabschaltung, in deren Verlauf einige ungewöhnliche Vorkommnisse auftraten. Die Abbildung auf Seite 18 zeigt die Situation mit dem Beginn massiver Rauchentwicklung gegen 15.20 Uhr, als die Feuerwehr bereits einen ersten Löschversuch unternommen hatte. Die Störfallmeldestelle des BfS wurde durch das BMU offiziell über den Transformatorbrand am 28. Juni 2007 gegen 21.00 Uhr informiert; Kenntnisse über das Ereignis gab es aber schon früher über das Internet. Das Ereignis im Kernkraftwerk Krümmel wurde ebenso wie dasjenige im Kernkraftwerk Brunsbüttel in die Meldekategorie N, INES-Stufe 0 eingestuft (vgl. das Kapitel „Meldepflichtige Ereignisse 2007“). Die Einstufung als meldepflichtiges Ereignis erfolgte nicht wegen des Brandes selbst, sondern aufgrund der Reaktorschnellabschaltung infolge der fehlerhaften automatischen Abschaltung von Reaktorspeisepumpen zur Versorgung des Reaktordruckbehälters mit Speisewasser. Unabhängig von diesem meldepflichtigen Ereignis sind in der Anlage bei dem Ereignis verschiedene Unregelmäßigkeiten aufgetreten. Diese Unregelmäßigkeiten (Eintritt von Brandgasen in die Warte, Datenverlust in der Prozessrechneranlage, Fehlkommunikation innerhalb der Schichtmannschaft mit fehlerhaftem Öffnen von Sicherheits- und Entlastungsventilen als Folge) verhinderten das Abfahren der Anlage in den sicheren Zustand nicht, zeigten jedoch eine Reihe von Mängeln im Rahmen des Sicherheitsmanagements und des Anlagenzustandes auf. So sind die aufgetretenen Probleme auf der Warte beispielsweise auch darauf zurückzuführen, dass der stellvertretende Schichtleiter zugleich zuständiger Einsatzleiter der Werksfeuerwehr war und zur Bekämpfung des Transformatorbrandes die Kraftwerkswarte verlassen musste. Die Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse auf die anderen deutschen Kernkraftwerke wird geprüft. Dazu finden gezielte Beratung in der Reaktor-Sicherheitskommission und den zuständigen Bund-Länder-Gremien statt, die 2008 abge-



Feuerwehreinsatz zur Bekämpfung des Transformatorbrandes im KKW Krümmel (Quelle: Vattenfall)

schlossen sein sollen. Weitere Details werden im Abschnitt über meldepflichtige Ereignisse beschrieben.

Die Ereignisse in den Kernkraftwerken Krümmel und Brunsbüttel beschäftigten fast sechs Wochen lang die Medien in Deutschland und führten auch zu zahlreichen Anfragen beim BfS.

Im Einzelnen konzentrierte sich die öffentliche Debatte darauf, ob der Betreiber des Kernkraftwerks Krümmel bei der Information der Öffentlichkeit über das Ereignis am 28. Juni 2007 wesentliche Details verschwiegen habe. So wurde kritisiert, dass die Medieninformation von Vattenfall, die Ereignisse in Krümmel und Brunsbüttel seien „konventioneller Art und stünden nicht mit dem Nuklearbereich der Anlagen in Verbindung“, angesichts der Abweichungen vom vorgesehenen Ereignisablauf des Reaktors Krümmel unzutreffend gewesen sei. Die zuständige Atomaufsichtsbehörde, das Schleswig-Holsteinische Sozialministerium, leitete im Juli 2007 eine rechtliche Prüfung der Zuverlässigkeit und Fachkunde des Betreibers ein. Rechtlich könne diese Behauptung nach Auffassung des Sozialministeriums nahelegen, dass der Betreiber von einem unzutreffenden Verständnis der Frage ausgehe, welche Anlagenteile als mit dem Nuklearbereich der Atomanlagen in Verbindung stehend anzusehen sind. Ein solches Fehlverständnis könne darauf hindeuten, dass auch die sicherheitsrelevanten Anforderungen durch

den Betreiber fehlerhaft verstanden werden. Nach Kenntnis des BfS dauert die Prüfung noch an. Derzeit liegt die Beweislast für die Frage, ob ein Betreiber eines Kernkraftwerkes über die erforderliche Zuverlässigkeit verfügt, bei der Atomaufsicht. Da hier bei der juristischen Prüfung hohe Hürden bestehen, plädierte unter anderem der Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz für eine Umkehr dieser Beweislast, um die Handlungsfähigkeit der Landesaufsichtsbehörden zu stärken.

Zusätzliche Fragen in den Wochen nach den Ereignissen betrafen den Stellenwert menschlicher Fehlhandlungen bei der Bedienung von Kernkraftwerken. Angesichts der Tatsache, dass beim Ereignisablauf zum Abfahren des Reaktors in Krümmel von Hand eine nicht notwendige schnelle Druckabsenkung im Reaktordruckbehälter ausgeführt wurde, wurden vom Betreiber eine Reihe von Verbesserungsmaßnahmen vorgeschlagen, u. a. soll die Kommunikation auf der Reaktorwarte verbessert werden.

Betrachtungen zur Sicherheit älterer Kernkraftwerke

Ein weiterer Schwerpunkt der öffentlichen Diskussion in den Wochen nach den oben genannten Ereignissen war eine Debatte darüber, ob ältere deutsche Kernkraftwerke sinnvollerweise früher stillgelegt werden sollten. Ältere Kernkraftwerke haben aufgrund des Kenntnisstandes zum Zeitpunkt ihrer Auslegung und ihres Baus be-

stimmte Nachteile gegenüber den jüngeren Anlagen. Diese Nachteile sind zwar durch sicherheitstechnische Nachrüstungen im Laufe der Jahre zum Teil ausgeglichen worden. Daher haben die bestehenden Betriebsgenehmigungen Bestandsschutz, obwohl die Anlagen so heute nicht mehr genehmigungsfähig wären. Unabhängig davon besteht in der Fachwelt allgemein Einverständnis, dass diese älteren Anlagen teilweise über geringere Sicherheitsreserven verfügen als jüngere.



Das Kernkraftwerk Emsland ist das zweitjüngste Kernkraftwerk in Deutschland und ein Beispiel für einen Druckwasserreaktor der so genannten Konvoi-Anlagen, weil insgesamt drei Anlagen fast baugleich 1988/89 den Leistungsbetrieb aufgenommen haben

Zum Überblick: In Deutschland waren 2007 17 Kernkraftwerke zur Stromerzeugung in Betrieb. Vier von ihnen zählen zu den älteren Siedewasserreaktoren der Baulinie 69. Dies sind die Kernkraftwerke Brunsbüttel, Isar 1, Philippsburg 1 sowie als viertes Krümmel. Ebenfalls zu den älteren Anlagen gezählt werden die Druckwasserreaktoren der Baulinie 2. Dabei handelt es sich um die Anlagen Biblis A und B, Neckarwestheim 1 und Unterweser. Beide Reaktordesigns wurden in den 1960er Jahren entwickelt und erhielten in den frühen 1970er Jahren die für den Baubeginn wesentliche 1. Teilgenehmigung. Weitere vier Kraftwerke – Grafenrheinfeld, Grohnde, Philippsburg 2 und Brokdorf – zählen zu den Druckwasserreaktoren der Baulinie 3. Die drei Anlagen Isar 2, Emsland und Neckarwestheim 2 schließlich sind Druckwasserreaktoren der Baulinie 4. Das Konzept der Reaktoren der Baulinien 3 und 4 wurde in den 1970er und 1980er Jahren entwickelt. Die jüngsten deutschen Kernkraftwerke gingen 1988 und 1989 in Betrieb und haben damit ebenfalls bereits ein Alter von rund 20 Jahren. Einige sicherheitstechnische Merkmale der Baulinien 2 bis 4 bei den Druckwasserreaktoren und der Baulinien 69 und 72 (Gundremmingen B und C) bei den Siedewasserreaktoren enthält der vierte Bericht der Bundesregierung zum Übereinkommen über nukleare Sicherheit (Oktober 2007).

Einige konzeptionelle sicherheitstechnische Nachteile älterer Kernkraftwerke in Deutschland:

- Die Notstromversorgung ist teilweise vermascht. Bei jüngeren Anlagen ist dagegen eine weitgehende Entmaschung gegeben. Hierbei kann ein ausfallendes Sicherheitssystem nicht das Nachbarsystem beeinträchtigen, da diese keine gemeinsamen Komponenten besitzen.
- Dicke des Containments.

Darüber hinaus bestehen bei den älteren Baulinien spezifische Nachteile, die zu geringeren Sicherheitsreserven führen. Bei den Siedewasserreaktoren der Baulinie 69:

- Der Sicherheitsbehälter hat, verglichen mit anderen Reaktordesigns, einen sehr kleinen Durchmesser. Auf diesem engen Raum befinden sich sehr viele Einbauten, folglich ist das freie Volumen in diesem Sicherheitsbehälter nur klein. Daher ist im Falle eines unterstellten Störfalls, bei dem sich im Sicherheitsbehälter im Falle des zusätzlichen Versagens aller anderen Sicherheitsmaßnahmen der Druck erhöht, rascher der Zeitpunkt erreicht, an welchem dieser dem Druck nicht mehr standhalten kann.
- Die Schmiederinge für den Reaktor Druckbehälter sind nicht ‚nahtlos‘ geschweißt, entsprechend besteht aufgrund der größeren Zahl von Schweißnähten grundsätzlich ein höheres Risiko für Rissbildungen.
- Die Kernnotkühlung verfügt über eine geringere Kapazität als bei den Siedewasserreaktoren der Baulinie 72.

Bei den Druckwasserreaktoren der Baulinie 2:

- Bei Druckwasserreaktoren ist es wesentlich, dass die Behälter und Rohre des (im Normalbetrieb radioaktiv kontaminierten) sog. primären Kühlkreislaufs in keinem Fall bersten oder reißen dürfen, um die im Betrieb immer erforderliche Kühlung des Reaktorkerns nicht zu gefährden. Nach neueren Erkenntnissen ist es sinnvoll, diese Komponenten bei der Herstellung ‚nahtlos‘, d. h. in einem Stück zu fertigen. Dies ist bei den Druckwasserreaktoren der Baulinie 2 nur eingeschränkt gegeben.
- Der Sicherheitsbehälter ist für geringere Drücke und Temperaturen ausgelegt und besitzt teils eine geringere Wandstärke als bei jüngeren Anlagen. Im Kernkraftwerk ist der Sicherheitsbehälter eine der Barrieren, die das Entweichen radioaktiver Stoffe in die Umgebung erschweren sollen. Er umschließt den nuklearen Teil der Anlage und soll bei Störfällen den austretenden Dampf aufnehmen, ohne zu versagen.

Daher forderten Bundesumweltminister Sigmar Gabriel und der Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz, Wolfram König, die Betreiber der deutschen Kernkraftwerke im Sommer 2007 auf, die Möglichkeiten des Atomgesetzes zu nutzen und ältere Kraftwerke freiwillig früher vom Netz zu nehmen. Der Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz betonte, auch aus Betreiber-



Das Kernkraftwerk Krümmel ist seit 1983 in Betrieb und ist ein Beispiel für einen Siedewasserreaktor der Baulinie 69

sicht sei dies sinnvoll, da dadurch teure Nachrüstungen vermieden und Reststrommengen an andere Unternehmen der Branche verkauft werden könnten, die dann in jüngeren Anlagen mit größeren Sicherheitsreserven ‚verbraucht‘ werden könnten.

Eine rasche Stilllegung der älteren Kernkraftwerke hatte der Deutsche Bundestag bereits 2001 bei Verabschiedung des Atomgesetzes als Konsequenz der Anschläge vom 11. September 2001 gefordert. Als die in Deutschland betriebenen Kernkraftwerke genehmigt wurden, wurden Szenarien wie ein Terrorangriff mit einer großen Passagiermaschine als unwahrscheinlich ausgeschlossen. Entsprechend war seinerzeit eine Absicherung gegen ein solches Ereignis nicht für die Genehmigungen betrachtet worden. Neue Kernkraftwerke sind gegen den zufälligen Absturz schnellfliegender Militärmaschinen begrenzt geschützt, zunächst eines sog. Starfighters, bei den jüngsten Anlagen gegen den zufälligen Absturz einer sog. Phantom-Maschine. Jüngere Reaktoren haben daher eine wesentlich stärkere Stahlbetonhülle zum Schutz. Sie ist mit einer Dicke von teilweise 180 Zentimetern bis zu dreimal so dick wie bei älteren Anlagen und bietet einen zwar nicht vollständigen, jedoch zumindest verbesserten Schutz gegen die oben angesprochenen terroristischen Ereignisse. Auch dieses Sicherheitsgefälle zwischen den einzelnen Kernkraftwerken thematisierte der Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz, als er die Betreiber aufforderte, freiwillig Reststrommengen von älteren auf jüngere Kernkraftwerke zu übertragen und die älteren Anlagen früher stillzulegen, ohne dass die Betreiber hierdurch wirtschaftliche Einbußen erleiden müssten.

Kompetenzerhalt in der kerntechnischen Sicherheit

Die ersten Kernkraftwerke in Deutschland gingen vor mehr als dreißig Jahren in Betrieb. Das bedeutet, dass viele Mitarbeiter in den Kraftwerken, den Sachverständigenorganisationen und auch in den Aufsichts- und Genehmigungsbehörden bereits im Ruhestand sind oder in Kürze in den Ruhestand gehen werden. Damit

spielt der Kompetenzerhalt gerade für die Sicherheit älterer Atomkraftwerke eine besondere Rolle. Außerdem konnten aufgrund der gesetzlichen Kürzungen von Stellen auf Bundesebene seit einiger Zeit nicht alle freiwerdenden Stellen nachbesetzt werden. Davon war auch das BfS in großem Maße betroffen. Und schließlich ist im öffentlichen Bereich im Gegensatz zur Industrie die zeitweise parallele Besetzung einer freiwerdenden Stelle (durch den bisherigen Mitarbeiter sowie seinen Nachfolger für die Zeit seiner Einarbeitung) nicht möglich. Dies erschwert den Know-How-Transfer und damit den Kompetenzerhalt. Die Gewinnung ausreichend qualifizierten Nachwuchses wird durch die gegenwärtig große Nachfrage nach Ingenieuren und Physikern in der gesamten technischen Branche in Deutschland und die zu geringe Zahl an Absolventen zusätzlich erschwert. Insofern sind Initiativen in Deutschland, wieder Lehrstühle für Reaktortechnik zu schaffen und damit überhaupt die Möglichkeit zu dieser speziellen Studienrichtung zu eröffnen, von großer Bedeutung, werden jedoch erst mittelfristig zum Tragen kommen.

Es handelt sich dabei nicht allein um ein deutsches Problem. Auch in anderen Ländern stellt es für die Behörden eine große Herausforderung dar, sich ausreichend qualifiziertes Personal zur Erfüllung ihrer Aufsichtspflichten zu sichern. Hinzu kommen in einigen Ländern Planungen zum Neubau von Kernkraftwerken. In diesen Fällen sind die Behörden zusätzlich gefordert, neuere Reaktordesigns auf Genehmigungsfähigkeit zu prüfen. Auch die kerntechnische Industrie berichtet hier über ernste Kapazitätsengpässe. In diesem Fall kommt zum Generationswechsel im Personal erschwerend hinzu, dass nach einer Zeit starker Bautätigkeit in den 1970er und 1980er Jahren seit dem Beginn der 1990er Jahre weltweit nur noch wenige Kernkraftwerke neu errichtet worden sind.

Die Aufrechterhaltung der Sicherheitskultur in einer Phase knapper Kapazitäten bei Herstellern, Betreibern und Nuklearbehörden wird nicht einfach sein. Bei den Behörden wird allgemein angesichts ihrer gegenüber der Industrie begrenzten Möglichkeiten ein besonderer Engpass erwartet, der sich, wie oben beschrieben, auch in Deutschland abzeichnet.

Zu den Aufgaben des Bundesamtes für Strahlenschutz

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) ist die oberste deutsche Atombehörde und hat die Bundesaufsicht über den Vollzug durch die Landesministerien. Im Bereich der kerntechnischen Sicherheit hat das BMU dem BfS eine Reihe von Kernaufgaben übertragen.

Die bereits angesprochene Störfallmeldestelle des BfS hat die Aufgabe, alle meldepflichtigen Ereignisse, die in deutschen kerntechnischen Einrichtungen (Kernkraftwerken, Forschungsreaktoren, Anlagen der Kernbrennstoffver- und -entsorgung) auftreten, zu erfassen, zu dokumentieren und auszuwerten. Das BfS unterstützt damit das BMU bei der bundesaufsichtlichen Bewer-

tung, 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 meldepflichtigen Ereignisse (<http://www.bfs.de/kerntechnik/ereignisse/berichte>) aus den eigenen oder anderen Kraftwerken sind Teil der Betriebserfahrungen, die von den Betreibern der deutschen Kernkraftwerke sowie den Aufsichtsbehörden und deren Sachverständigen ausgewertet werden.

Weitere Kernaufgaben des BfS neben der Störfallmeldestelle umfassen den Anlagen- und Genehmigungsstatus der in Betrieb und in Stilllegung befindlichen deutschen Kernkraftwerke, Sicherheitsbewertungen sowie nationale und internationale Regelarbeit.

Die Sicherheit der deutschen Kernkraftwerke unterliegt einer ständigen Überprüfung. Dieser Überprüfungsprozess ist vielschichtig und dynamisch. Stark vereinfacht besteht der Prozess aus behördlicher Genehmigung von Änderungen und Aufsicht, aus der Kontrolle der Einhaltung aller Auflagen und Bestimmungen, aus Prüfungen in der Anlage, der Erfassung und Auswertung von Ereignissen und der Betriebserfahrung in deutschen und ausländischen kerntechnischen Anlagen, aus einem ständig aktuell zu haltenden Regelwerk sicherheitstechnischer Bestimmungen und aus den in diesem Regelwerk geforderten Nachweisen. Nicht zuletzt ist der internationale Erfahrungsaustausch von großer Bedeutung. Eine Übersicht über die wichtigsten Bestandteile dieses Prozesses bietet der deutsche Bericht zur nuklearen Sicherheitskonvention.

Das BfS unterstützt und verfolgt die Fortentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik auf den bearbeiteten Themenfeldern. Hierzu beteiligt sich das BfS an nationalen und internationalen Gremien und Tagungen. Beispielsweise zählt das BfS zu den Initiatoren eines Sommerseminars zur Zuverlässigkeit und Sicherheit, das einen fachlichen Austausch zwischen Studenten und erfahrenen Experten aus verschiedenen Industriebereichen und schwerpunktmäßig Universitäten ermöglichen soll. Ein wesentliches Element ist auch die Initiierung, fachliche Begleitung und Auswertung von Untersuchungsvorhaben, die im Rahmen des Umweltforschungsplans an externe Auftragnehmer vergeben werden und die die Lösung von konkreten Fragestellungen zur Aufgabe haben, die sich z. B. aus Betriebserfahrungen in Deutschland und im Ausland ergeben haben.

Parallel hierzu wurden 2007 weitere Vorbereitungen für eine Stärkung des kerntechnischen Bereichs des BfS getroffen, die insbesondere eine Schwerpunktsetzung in den Bereichen Ereignisse in ausländischen Anlagen, Stilllegung, Auswertung durchgeführter umfassender Sicherheitsüberprüfungen, Notfallschutz und Sicherheitsmanagement vorsehen. Vor diesem Hintergrund ist der Kompetenzerhalt bzw. -zuwachs im Bereich der kerntechnischen Sicherheit eine sehr wichtige Aufgabe des BfS in den nächsten Jahren.

Ereignisse in kerntechnischen Anlagen im Ausland erfordern, dass das BfS in Zukunft seine Aufgaben nicht auf die deutschen meldepflichtigen Ereignisse beschränkt, sondern auch bei ausländischen Ereignissen in kerntechnischen Anlagen auskunftsfähig wird. Im schwedischen Kernkraftwerk Forsmark 1 starteten am 25.07.2006 zwei Notstromdieselaggregate nicht, als das Kernkraftwerk wegen eines Kurzschlusses im außerhalb der Anlage gelegenen Stromnetz vom Netz getrennt wurde. Daraufhin wurde von den atomrechtlichen Aufsichtsbehörden der Länder und dem BMU geprüft, ob hier eine Übertragbarkeit auf deutsche Kernkraftwerke besteht. Gleiches gilt für das Erdbeben im weltgrößten Kernkraftwerk in Japan mit nachfolgendem Brand im Juli 2007, bei dem die Lösversuche der Mannschaft scheiterten, weil das Erdbeben das System für die Hydranten zerstört hatte und somit kein Wasser zur Verfügung stand und die Anlage über keine chemischen Löschanlagen verfügte.

Das BfS nimmt in dem Prozess der kontinuierlichen Überprüfung der Sicherheit kerntechnischer Anlagen eine Reihe wichtiger Funktionen wahr, die nicht zuletzt auch für die aktuelle Diskussion zur Sicherheit älterer Anlagen relevant sind. Ereignisse auch in deutschen Anlagen belegen, dass mit fortschreitender Betriebszeit das Alterungsmanagement immer wichtiger wird. So wird zum Beispiel zurzeit noch die Frage geprüft, ob das Alter des Transformators (1976 gebaut) im Kernkraftwerk Krümmel für den Brand eine Rolle gespielt hat. Alterung bzw. Veralten hat mehrere Aspekte: Physikalisch-werkstofftechnisches Altern (z. B. durch die stark materialbeanspruchende Neutronenstrahlung) kann zum Versagen von Komponenten führen, etwa zu Rissbildung oder Versprödung. Andererseits veralten Anlagen- und Sicherheitskonzepte, Technologien, personell-organisatorische Konzepte und Regelungen. In deutschen Kernkraftwerken werden vorbeugende Maßnahmen ergriffen, um unzulässigen Effekten der Alterung entgegenzuwirken, so z. B. die Betriebsüberwachung, um mögliche Störungen frühzeitig zu entdecken, oder es werden empfindliche Komponenten als vorbeugende Maßnahme regelmäßig ausgetauscht. Auch regelmäßige Betriebsinspektionen mit speziellem Hinblick auf bekannte Phänomene (z. B. Ermüdungsanalysen) oder Tests von Instrumentierungs- und Kontrolleinrichtungen gehören dazu. Die technische Lebensdauer eines Kernkraftwerks wird unter anderem durch die Neutronenversprödung des Reaktor-druckbehälters begrenzt. Eine Überwachung erfolgt diesbezüglich in Deutschland durch sog. Voreilproben, die im Reaktor-druckbehälter an exponierter Stelle "voreilend" der Strahlung ausgesetzt und in regelmäßigen Abständen untersucht werden. Die Umsetzung der auch vom BfS intensiv unterstützten Empfehlung der Reaktor-Sicherheitskommission zum Alterungsmanagement aus dem Jahre 2004 hat zu einer regelmäßigen Berichterstattung der Betreiber an die Landesbehörden geführt. Seit 2005 wird unter Beteiligung des BfS eine Regel des deutschen Kerntechnischen Ausschusses (KTA) "Alterungsmanagement in Kern-

kraftwerken" erarbeitet, die inzwischen im Entwurf vorliegt und demnächst verabschiedet werden und in den deutschen Kernkraftwerken Anwendung finden soll.

Alle bisher genannten Funktionen des BfS unterstützen die Bundesaufsicht. Im Folgenden werden einige dieser Funktionen, deren Ausübung im Berichtszeitraum 2007 bezüglich Umfang oder Bedeutung herausragten, erläutert. Darüber hinaus werden in den Schwerpunktthemen beispielhaft Aufgaben des BfS im Rahmen der kerntechnischen Sicherheit dargestellt.

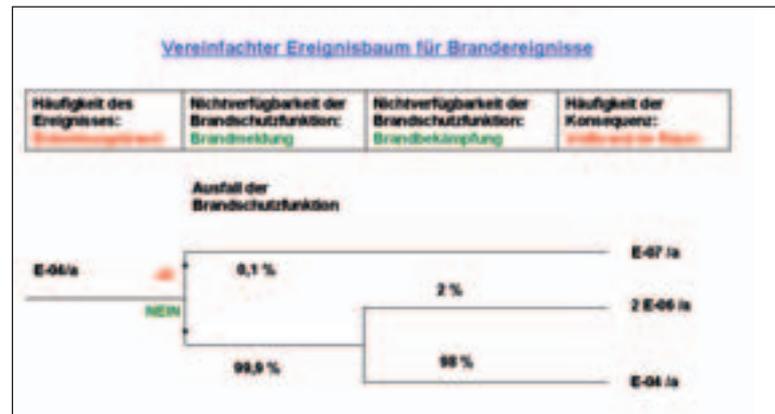
Regelwerk

Die Entwicklung des kerntechnischen Regelwerks in der Bundesrepublik Deutschland hat vor rund 30 Jahren begonnen (z. B. Sicherheitskriterien für KKW vom Oktober 1977) und ist schrittweise fortgeschrieben worden. So sind z. B. auch die RSK-Leitlinien DWR 30 Jahre alt, für SWR gibt es bis heute keine verabschiedete Leitlinie. Ende der 90er Jahre wurde sowohl aus behördlicher als auch aus industrieller Sicht die Notwendigkeit gesehen, die bestehenden kerntechnischen Regelungen weiterzuentwickeln. Ein wesentliches Ziel war dabei, ein einheitliches Regelwerk zu schaffen, in das bereits bestehende Elemente (z. B. Bekanntmachungen des BMU und Empfehlungen der RSK) einfließen. Die neuen Regelungen sollten dabei verstärkt die international erarbeiteten Regeln als *eine* Quelle des dokumentierten Standes von Wissenschaft und Technik aufgreifen und somit die deutschen Vorschriften zur kerntechnischen Sicherheit zu einem modernen Regelwerk weiterentwickeln. Dazu wurden neue Entwicklungen wie die Einführung eines Sicherheitsmanagements und der Einsatz digitaler Leittechnik aufgegriffen, aber auch eine konkretere Beschreibung des Sicherheitskonzepts in Anlehnung an die internationale Praxis und der Anwendung verschiedener Analysemethoden zur Prüfung des Sicherheitsniveaus der in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke. Erste Aktivitäten erfolgten im Rahmen von Arbeitsgruppen des Kerntechnischen Ausschusses, in denen das BfS fachlich mitgearbeitet hat; seit 2003 hat im Auftrag des BMU die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (GRS) mit Unterauftragnehmern diese Aufgabe übernommen. Die Arbeiten dieser Arbeitsgemeinschaft werden durch eine Steuerungsgruppe begleitet, in der neben dem BMU und der Reaktor-Sicherheitskommission das BfS vertreten ist und seine Kommentare zu den Entwürfen des neuen Regelwerks eingebracht hat.

Ein weiteres Fachthema, zu dem das BfS in Regel gebenden Gremien mitwirkt, ist die Ereignisbaumanalyse.

Dies ist ein Verfahren, bei dem gefragt wird „Was geschieht, wenn...?“. Es wird hierbei immer angenommen, dass jedes Ereignis in der Abfolge entweder ein Erfolg oder Misserfolg ist. Dadurch werden in klarer Weise die Beziehungen zwischen Funktionieren oder Versagen der verschiedenen technischen Einrichtungen aufgezeigt.

Die Ereignisbaumanalyse kann daher sowohl zur Gefahrenerkennung als auch zur Bemessung der Wahrscheinlichkeit von nacheinander eintretenden Ereignissen, die zu gefährlichen Zuständen führen können, verwendet werden. Deshalb ist die Ereignisbaumanalyse eine wichtige Methode im Rahmen von Sicherheitsanalysen in allen Industriebereichen. Im Gegensatz zu vielen anderen Methoden existiert für die Ereignisbaumanalyse bisher kein internationaler Standard. Entsprechende Arbeiten sind Ende 2006 im nationalen und internationalen Rahmen aufgenommen worden. Auf deutscher Seite arbeiten Siemens Transportation Systems, TÜV Nord und das BfS als Experten in der entsprechenden Projektgruppe der Arbeitsgruppe „Zuverlässigkeit“ der Deutschen Kommission Elektrotechnik im DIN und VDE mit. Ein erster Entwurf des Standards wurde im Jahr 2007 erarbeitet, er wird im internationalen Gremium zurzeit weiter beraten und voraussichtlich Ende 2009 als internationaler und anschließend nationaler Standard zur Verfügung stehen und z. B. in den Methodenband zur probabilistischen Sicherheitsanalyse einfließen (s. S. 31 ff.).



Ereignisbaumanalyse

Periodische Sicherheitsüberprüfung

Basierend auf den Erfahrungen mit dem Reaktorunfall in Tschernobyl wurde in der Diskussion der zum Betreiben von Kernkraftwerken notwendigen Sicherheitskultur Anfang 1990 auch in Deutschland über die Einführung eines weiteren Instrumentes nachgedacht, das als Ergänzung zur laufenden Aufsichtstätigkeit insbesondere auch für ältere Kernkraftwerke von Bedeutung ist. Dieses Instrument beinhaltet eine ganzheitliche und systematische sicherheitstechnische Beurteilung eines Kernkraftwerks unter Berücksichtigung der kraftwerksspezifischen Betriebserfahrung über einen Zeitraum von zehn Jahren. So wurde auch in der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) die Idee einer periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ), u. a. auf der Basis der in Deutschland bereits vorliegenden Entwürfe der PSÜ-Leitfäden, entwickelt. Der 1994 im Rahmen der Nuclear Safety Standards der IAEA veröffentlichte Safety Guide hatte das Ziel, Anleitung zur Durchführung einer PSÜ zu geben. Aufgrund der Erfahrungen mit durchgeführten periodischen Sicherheitsüberprüfungen wurde dieser IAEA-Leitfaden überarbeitet und im August 2003 neu herausgegeben.

Die Erarbeitung dieser Leitfäden der IAEA hat das BfS aktiv mitgestaltet.

Im Jahr 2008 wird eine weitere Überarbeitung beginnen, in die z. B. auch Ergebnisse von IAEA-Missionen in Mitgliedsländern wie Slowenien (2004), Ukraine (2006) und im Jahr 2007 in Pakistan einfließen werden, bei denen von der IAEA ebenfalls Mitarbeiter des BfS eingesetzt wurden und in die das BfS eingebunden sein wird. Zur Vorbereitung dieser Überarbeitung wurden einerseits die notwendigen Änderungs- und Ergänzungspunkte (z. B. das Vorgehen bei einer zweiten PSÜ) identifiziert sowie andererseits ein technisches Dokument fertiggestellt, das als konkrete Hilfestellung für die Einführung einer periodischen Sicherheitsüberprüfung mit praktischen Erfahrungen aus verschiedenen Mitgliedsländern dienen soll. Dazu gehören Hinweise zur Bewertung des aktuellen Anlagenzustandes und der Effizienz des Sicherheitsmanagementsystems, aber auch Konkretisierungen der notwendigen vorzulegenden Dokumente für eine periodische Sicherheitsüberprüfung sowie die Aufgaben von Betreibern und Behörden.

Leitfaden Stilllegung

Das BfS hat im Jahr 2007 das BMU bei der Überarbeitung des Leitfadens zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 Atomgesetz (AtG) unterstützt.

Es ist das Ziel des Leitfadens, die in Stilllegungsverfahren relevanten Aspekte der Genehmigung und Aufsicht zusammenzustellen, ein gemeinsames Verständnis von Bund und Ländern zur zweckmäßigen Durchführung von Stilllegungsverfahren anzustreben und die bestehenden Auffassungen und Vorgehensweisen nach Möglichkeit zu harmonisieren.

Die Überarbeitung des alten Leitfadens Stilllegung aus dem Jahr 1996 wurde wegen einer Reihe von geänderten gesetzlichen und untergesetzlichen Regelungen (Strahlenschutzverordnung, Atomrechtliche Verfahrensverordnung, Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung) erforderlich. Weiterhin wurde der Leitfaden Stilllegung im Hinblick auf die Erfahrungen und Erkenntnisse aus den zwischenzeitlich durchgeführten nationalen Stilllegungsverfahren und dem internationalen Erfahrungsaustausch aktualisiert. Ein Überarbeitungsschwerpunkt war die Passage zur Entlassung von bei der Stilllegung anfallenden Stoffen aus dem Regelungsbereich des AtG durch Freigabe oder Herausgabe. Die Freigabe ist ein in der Strahlenschutzverordnung geregelter Verwaltungsakt, der die Entlassung von schwach radioaktiven Stoffen aus dem Regelungsbereich des AtG bewirkt, wenn nachgewiesen wurde (z. B. durch Messungen), dass durch die freigegebenen Stoffe für Einzelpersonen der Bevölkerung nur eine effektive Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert im Kalenderjahr auftreten kann. Bei der Stilllegung fallen aber auch solche Stoffe an, die nachweislich nicht radioaktiv sind, die aber auch aus dem Regelungsbereich des AtG entlassen werden müssen. Das Vorgehen für diese nicht radioaktiven Stoffe wird im Leitfaden Stilllegung mit „Herausga-

be“ bezeichnet. Weitere Überarbeitungsschwerpunkte waren die Passagen zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung, zur Abfallbehandlung und -lagerung sowie zur Stilllegungsplanung.

Erarbeitung internationaler Sicherheitsstandards der IAEA

Die IAEA erarbeitet internationale Standards für die Nuklearsicherheit (Safety Fundamentals, Safety Requirements, Safety Guides). Sie stellen einen international akzeptierten Maßstab zur Beurteilung der Sicherheit dar und sind im Hinblick auf die Forderungen des deutschen Atomgesetzes eine bedeutende Quelle für den Stand von Wissenschaft und Technik. In den regelgebenden Gremien wird Deutschland durch das BMU vertreten, das BfS arbeitet hier fachlich unterstützend zu, insbesondere durch die Koordinierung der Erarbeitung von Stellungnahmen zu vorgelegten Regelentwürfen bzw. zu Regelgebungsvorhaben. Zusätzlich wirkt das BfS – abhängig von der Art der jeweils zu erarbeitenden Standards und der beim BfS bearbeiteten Themen – auf fachlicher Ebene am Zustandekommen von Sicherheitsregeln mit. Im Berichtszeitraum war das BfS an der Erstellung eines Sicherheitsstandards – in diesem Falle eines Safety Guides – zur probabilistischen Sicherheitsanalyse (vgl. Artikel „Internationaler Stand der Anwendung probabilistischer Sicherheitsanalysen“) beteiligt. Es wird erwartet, dass dieser Safety Guide im Jahre 2008 verabschiedet und publiziert wird.

Internationaler Erfahrungsaustausch im Rahmen der OECD/NEA

Die bei der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) angegliederte Nuclear Energy Agency bietet ein internationales Forum für Erfahrungsaustausch von Behörden untereinander und mit der Industrie, für technische Zusammenarbeit und gemeinsame Forschung in kerntechnischer Sicherheit, Strahlenschutz und Abfallmanagement. Neben den anderen Fachbereichen des BfS – entsprechend ihrer jeweiligen Zuständigkeit – werden auch im Fachbereich Sicherheit in der Kerntechnik (SK) die Arbeiten mehrerer Gremien durch aktive Mitarbeit direkt oder durch Unterstützung des BMU verfolgt. In diesen Gremien werden zum einen die international angewendeten Grundprinzipien der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtspraxis ausgetauscht, zum anderen werden fachliche Themen und Lösungsansätze in den Gebieten Brandschutz und digitale Leittechnik im internationalen Austausch weiter vorangebracht. Allein auf dem Gebiet Brandschutz sind zwei Arbeitsgruppen tätig, die sich mit dem Aufbau einer Datenbank zu Bränden bzw. mit Brandversuchen und der Validierung von Brandsimulationsrechenprogrammen beschäftigen. In beiden Arbeitsgruppen ist das BfS tätig. Die Ergebnisse sind auch für die Aufsichts- und Genehmigungspraxis in Deutschland von Bedeutung und werden in die nationalen Gremien, vorwiegend in den Länderausschuss für Atomkernenergie und den Facharbeitskreis „Probabilistische Sicherheitsanalysen“ für Kernkraftwerke, eingebracht oder direkt für die weiteren Arbeiten des Fachbereichs verwendet. So ist z. B. die internationale

Datenbank zu Brandereignissen (zurzeit ca. 300) eine wichtige Quelle zur Analyse der Brandschutzsicherheit deutscher Kernkraftwerke, obwohl die Anzahl deutscher meldepflichtiger Ereignisse mit Brandursache einen Anteil von weniger als 10 % ausmacht.

Nationaler Bericht zur Nuklearen Sicherheitskonvention

Alle drei Jahre sind die Vertragsstaaten des internationalen Übereinkommens über nukleare Sicherheit <http://www.bfs.de/de/kerntechnik/cns.html> aufgefordert, einen Bericht über die Umsetzung und Fortschritte der dort vereinbarten Verpflichtungen abzugeben. Seit 1999 finden jeweils ein halbes Jahr nach Abgabe dieser Berichte Überprüfungstagungen statt, auf denen sich jedes Land zusätzlich zur Beantwortung von schriftlich eingereichten Fragen auch der kritischen Auseinandersetzung mit den anderen Vertragsstaaten stellt. Für die im Jahre 2008 zum vierten Male stattfindende Überprüfungs-konferenz wurde 2007 der vierte Bericht der Bundesregierung erarbeitet und vorgelegt. Die Verpflichtungen der Konvention umfassen alle Bereiche der nuklearen Sicherheit: Schaffung der rechtlichen Voraussetzungen, Anforderungen unter anderem an die Genehmigungsbehörde, an die Fachkunde des Betreiberpersonals, Qualitätssicherung, Sicherheitsüberprüfungen der Anlagen, Notfallschutz und Betrieb. Dementsprechend nimmt der Bericht auch zu allen diesen Anforderungen Stellung und beschreibt deren Umsetzung in Deutschland.

Das BfS hatte – wie in den vergangenen Jahren – einen wichtigen Anteil an der Erstellung und Redaktion des Berichtes in allen seinen Kapiteln. Weiterhin hat das BfS sich an der Auswertung der Berichte anderer Länder beteiligt und hierbei spezielle Themen wie Qualitätssicherung, Sicherheitsüberprüfungen und durchgeführte Nachrüstungen bearbeitet.

Zur Vorbereitung der Überprüfungstagung hat das BfS Vorschläge zur weiteren Verbesserung der Durchführungsrichtlinien gemacht, um die Effizienz des Überprüfungsprozesses der Konvention zu erhöhen. Ein Vorschlag zielt auf die Konzentrierung der Ländergruppendifkussionen auf wesentliche Sachthemen anstelle der Diskussion aller Artikel der Sicherheitskonvention ab sowie auf durchgeführte und geplante Veränderungen im jeweiligen Mitgliedsstaat seit der letzten Überprüfung. Hiermit könnte auch eine Verkürzung der Überprüfungstagung selbst erreicht werden. Ein Mitarbeiter des BfS war auf der Überprüfungstagung im April 2008 als Koordinator der Ländergruppe, in der Deutschland und weitere neun Länder vertreten sind, aktiv eingebunden sein.

Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz

Das Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz ist eine Sammlung von Texten und Referenzen zum

gesamten gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerk im Bereich kerntechnische Sicherheit, Strahlenschutz, Transport und Abfallbehandlung.

Beispielsweise sind im Handbuch die vollständigen Texte des Atomgesetzes, des Strahlenschutzvorsorgegesetzes und aller zugehörigen Verordnungen enthalten. Hierbei nehmen die Strahlenschutzverordnung, die Röntgenverordnung und die Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung einen herausragenden Platz ein.



Das Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz – früher eine Loseblattsammlung – ist jetzt als druckfähige Webfassung von den Internetseiten des BfS abrufbar

Letztere beschreibt die Vorgehensweise für Erfassung und Meldung meldepflichtiger Ereignisse und ist bei der Bewertung von sicherheitsrelevanten Ereignissen von Bedeutung für die beteiligten Behörden und auch für die Öffentlichkeit.

Weitere wichtige Texte für die Praxis der atomrechtlichen Genehmigung und Aufsicht von kerntechnischen Anlagen sind die Bekanntmachungen des BMU, in denen sich zum Beispiel die Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke, die Richtlinie für die Emissions- und Immissionsüberwachung von kerntechnischen Anlagen und die Regelungen für die Fachkunde des Kernkraftwerkspersonals finden.

Neben den regulatorischen Texten sind auch weitere Informationen enthalten. Sie umfassen unter anderem Hinweise auf DIN-Normen, Angaben zu den atomrechtlich zuständigen Behörden beim Bund und in den Ländern, Auflistungen der derzeit betriebenen und bereits stillgelegten kerntechnischen Anlagen und Angaben über Anfall und Bestand radioaktiver Abfälle. Ein Teil der Gesetze und Regelwerkstexte steht auch in englischer Sprache zur Verfügung (<http://www.bfs.de/de/bfs/recht/rsh>).

Seit Ende 2007 wird das Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz nur noch in elektronischer Form weitergeführt, dafür aber kurzfristiger aktualisiert.

MELDEPFLICHTIGE EREIGNISSE 2007 - TEIL DER BETRIEBSERFAHRUNGEN

Reportable Events 2007 as Part of Operating Experience

Ansprechpartner:

Matthias Reiner (030 18333-1570)

An overview is provided on those events in the last ten years which have to be reported to the competent authorities based on the German reporting criteria. These events are subdivided in INES 0, INES 1 and INES 2 events. The transformer fire in the NPP Krümmel resulted in measures to enhance the safety management in this plant.

In der Störfallmeldestelle des BfS werden alle meldepflichtigen Ereignisse, die in kerntechnischen Anlagen (Atomkraftwerke, Forschungsreaktoren, Anlagen der Kernbrennstoff-Versorgung und -Entsorgung) auftreten, erfasst, dokumentiert und für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ausgewertet.

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

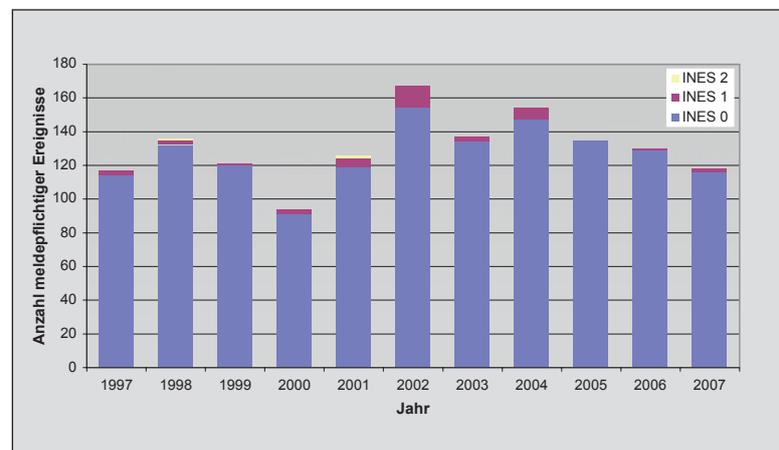
Meldekategorien und Meldefristen für meldepflichtige Ereignisse gemäß AtSMV

Die Meldung der meldepflichtigen Ereignisse aus Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen (Atomkraftwerke und Forschungsreaktoren) und den Anlagen zur Ver- und Entsorgung erfolgt nach den in der Atomrechtlichen Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung (AtSMV) festgelegten Kriterien und Meldekategorien. Es gibt vier Meldekategorien, wobei sich die Zuordnung zur Meldekategorie nach der Dringlichkeit richtet, mit der die zuständige Aufsichtsbehörde über das Ereignis informiert werden muss, um gegebenenfalls rechtzeitig Maßnahmen ergreifen zu können (s. Tabelle oben).

Neben dem behördlichen deutschen Meldeverfahren nach AtSMV erfolgt die Einstufung der meldepflichtigen Ereignisse nach der internationalen Bewertungsskala

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

Das nachfolgende Diagramm zeigt eine Übersicht über die in den Jahren 1997 - 2007 aus den deutschen Kernkraftwerken gemeldeten meldepflichtigen Ereignisse, aufgeschlüsselt entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung in den einzelnen INES-Stufen. Ereignisse mit einer INES-Einstufung oberhalb der Stufe 2 (Störfall) sind in deutschen Kernkraftwerken bisher nicht aufgetreten.



Meldepflichtige Ereignisse in deutschen Kernkraftwerken 1997-2007

Wie aus dem Diagramm zu entnehmen ist, wurden 2007 in deutschen Kernkraftwerken 118 meldepflichtige Ereignisse registriert. Davon wurden 112 Ereignisse in die Meldekategorie N (Normal) und 6 Ereignisse in die Kategorie E (Eilt) eingestuft. 116 Ereignisse wurden der INES-Stufe 0 zugeordnet (keine oder sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung). Zwei Ereignisse wurden in der INES-Stufe 1 (betriebliche Störung, keine radiologische Bedeutung) gemeldet.

Zwei Ereignisse wurden in der Meldekategorie E und in der INES-Stufe 1 gemeldet. Im Kernkraftwerk Philippsburg Block 1 war es beim Anfahren nach der Revision zu einer Leckage aus dem Sicherheitsbehälter gekommen. Stickstoff war über nicht ganz geschlossene Armaturen (Endschalterfehler) der Personenschleuse ausgetreten. Aktivität wurde nicht freigesetzt. Im Kernkraftwerk Unterweser war der Öffnungsweg einer Armatur im Not- und Nachkühlsystem nicht korrekt eingestellt. Dadurch wäre in diesem Strang die Einspeisemenge geringer als vorgesehen gewesen, wenn er benötigt worden wäre. Drei weitere Systeme standen uneingeschränkt zur Verfügung. Zur Erklärung: Zwei Systeme sind erforderlich, wenn ein Stör-

fall auftritt, bei dem Reaktorkühlmittel aus der druckführenden Umschließung austritt. Die druckführende Umschließung besteht bei einem Druckwasserreaktor wie Unterweser u. a. aus dem Reaktordruckbehälter sowie den Rohren und Komponenten, durch die das Kühlmittel fließt, das direkten Kontakt mit dem Reaktor hat und daher radioaktiv kontaminiert ist.

Weitere vier Ereignisse wurden der Meldekategorie E und INES-Stufe 0 zugeordnet. In den Kernkraftwerken Isar Block 1 und Grafenrheinfeld hatten bei Prüfungen Durchdringungsabschluss-Armaturen des Absaugesystems für so genannte Stopfbuchsdichtungen bzw. des Probenahmesystems nicht dicht geschlossen. Dieser Abschluss für den Sicherheitsbehälter wurde durch weitere Armaturen hergestellt. Er ist bei Störfällen erforderlich, bei denen das Reaktorkühlmittel aus der druckführenden Umschließung austritt.

Im Jahresbericht 2006 hat das Bundesamt für Strahlenschutz bereits über nicht exakt gesetzte Schwerlastdübel, insbesondere bei den Blöcken A und B des Kernkraftwerks Biblis, berichtet. Diese waren bei der Revision von Block A entdeckt worden. Deshalb kam es am 16. Oktober 2006 zu einer außerplanmäßigen Abschaltung von Block B. Diese Spezialdübel mit dem Fachbegriff Hinterschnittanker waren nachgerüstet worden, um mit ihnen z. B. Rohrleitungsaufhängungen im Beton zu befestigen. Damit sollten die Anlagen erdbebensicherer gemacht werden. Im Laufe des Jahres 2007 wurden alle 15.000 Spezialdübel in beiden Blöcken ersetzt. Nachdem die zuständigen Behörden den Abschluss aller Dübelsanierungsarbeiten und der parallel durchgeführten Revisionsarbeiten bestätigt hatten, nahm der Block B des Kernkraftwerks Biblis nach mehr als einem Jahr Stillstand am 1. Dezember 2007 den Leistungsbetrieb wieder auf; Block A ist am 9. Februar 2008 in Betrieb gegangen. Vergleichbare Dübelbefunde wurden 2007 im Kernkraftwerk Krümmel festgestellt. Die Dübel sind in einem Gebäude mit zwei Notstrom-Dieselmotoren eingesetzt und dienen zur Befestigung von begehbaren Bühnen. Sie werden für Wartungsarbeiten an den Kühlern der Lüftungsanlagen genutzt. Für die Stabilität der Bühnen gelten besondere Anforderungen im Hinblick auf Erdbebensicherheit, weil die Kühler für den Betrieb der Diesel notwendig sind und diese für einen Notfall in der Stromversorgung des Kraftwerks zur Verfügung stehen müssen. Deshalb erfolgte die Meldung des Ereignisses in der Kategorie E.

Ein weiteres Ereignis der Meldekategorie E ereignete sich im Block A des Kernkraftwerkes Biblis bei der Vorbereitung des Wiederanfahrens des Reaktors, als dieser sich noch nicht in einem kritischen Zustand befand, d. h. als die für die Stromerzeugung erforderliche Kettenreaktion noch nicht begonnen hatte, und bei einem Druck vom 150 bar und einer Temperatur 276 °C. Durch den Abriss einer zum Primärkühlkreis anschließenden Kleinleitung war eine Leckage verur-

sacht worden. Deshalb musste die Anlage in den kalten Zustand abgefahren werden, damit sie repariert werden konnte. Radiologische Auswirkungen auf Personen, die Anlage selbst oder die Umgebung sind nicht aufgetreten.

Wie bereits eingangs erwähnt, kam es am 28. Juni 2007 in den Kernkraftwerken Krümmel und Brunsbüttel zu automatischen Reaktorschneellabschaltungen. Ursache in Brunsbüttel war im Zuge von Instandhaltungsarbeiten in der Schaltanlage des Stromnetzbetreibers eine Störung an einem Wandler. Die Folge war ein Kurzschluss in der Nähe des Kernkraftwerks Brunsbüttel. Deshalb wurde zunächst die Stromerzeugung des Kernkraftwerks auf den Eigenbedarf des Kraftwerks abgesenkt. Später wurde die Anlage auf den Transformator für den Reservenetzanschluss umgeschaltet. Dabei kam es zu einer kurzzeitigen Unterspannung, die eine Reaktorschneellabschaltung auslöste (Meldekategorie N, INES-Stufe 0). Neunzig Minuten später sprachen zwei Brandmelder an. Es war ein Schweißbrand im Bereich der Isolierung der Turbine aufgetreten. Das Feuer konnte mit einem Feuerlöscher erstickt werden.

Im Kernkraftwerk Krümmel wurde am 28.06.2007 der Reaktor nach einem Kurzschluss in einem Transformator mit anschließendem Trafobrand automatisch abgeschaltet (Meldekategorie N, INES-Stufe 0). Der Brand außerhalb des Trafogebäudes wurde nach ca. einer Stunde gelöscht. Innerhalb der Trafoumhausung dauerte es etwa sechs Stunden, das Feuer zu löschen. Die Abschaltvorrichtungen wie die Reaktorschneellabschaltung und die Turbinensneellabschaltung haben korrekt funktioniert. Es wurden keine radioaktiven Stoffe in die Umgebung freigesetzt. Die Stromversorgung der Anlage wurde auf ein Reservenetz umgeschaltet. Als der Strom nach der Reaktorschneellabschaltung wieder zugeschaltet wurde, sollte eine Pumpe gestartet werden, die den Reaktor mit Wasser versorgt. Das scheiterte jedoch aufgrund von Mängeln im Zuschaltprogramm. Nachdem der Kühlmittel-Füllstand im Reaktordruckbehälter abgefallen war, wurde auslegungsgemäß die Zufuhr von Frischdampf beendet und zur Kühlung des Reaktors das so genannte Nachspeisesystem gestartet. Der nun ansteigende Druck im Reaktordruckbehälter sollte gemäß Betriebsanleitung mit dem Öffnen von Sicherheits- und Entlastungsventilen abgesenkt werden. Wegen mangelhafter Kommunikation zwischen dem Schichtleiter und dem Reaktorfahrer öffnete Letzterer diese Ventile etwa vier Minuten voll, anstatt sie für das schonende Abfahren des Reaktors intermittierend durch Öffnen und Schließen zu betätigen. In der Folge sank der Druck schnell, der Füllstand des Wassers im Reaktordruckbehälter ebenfalls und stärker als erwünscht (um 2,2 m unter den Normalfüllstand von 13,8 m). Durch den deshalb erfolgenden automatischen Start des Hochdruckspeisesystems wurde der Füllstand im Reaktordruckbehälter wieder angehoben. Ein weiterer Mangel während des Abfahrens der Anlage war u. a., dass die Zuluftventilatoren des Schaltanlagegebäudes nach dem Anschlag der Brandmelder automatisch auf den so genannten "Entqualmungsbetrieb" umgeschaltet wurden.

Dadurch wurden Brandgase in das Gebäude geführt und gelangten auch in die Schaltwarte des Kernkraftwerks. Schließlich kam es während des Ereignisses auch zu einem Datenverlust bei einer Umschaltung von Rechnern der Prozessrechneranlage. Die Daten konnten durch andere Aufzeichnungen kompensiert werden. Nach diesem Ereignis gab es ein Treffen zwischen Bundesumweltminister Sigmar Gabriel und den Spitzenvertretern der vier großen Energieversorgungsunternehmen EnBW, E.ON, RWE und Vattenfall. Dabei vereinbarten beide,

- dass die Betreiber sich bereit erklärten, die Einführung des so genannten selbst lernenden Sicherheitsmanagementsystems zu überprüfen. Notwendige Ergänzungen und ggf. weitere Verbesserungsmöglichkeiten sollen innerhalb eines Jahres erarbeitet und umgesetzt werden.
- dass die Maßnahmen, die aus den Ergebnissen der Sicherheitsüberprüfungen abgeleitet werden, schneller umgesetzt werden sollen.
- dass der Schutz der Kraftwerkswarten vor eindringenden Gasen weiter verbessert werden soll.
- dass Grundsätze des Kommunikationsverhaltens auf der Warte überprüft und ggf. weiterentwickelt werden sollen.

Diese Maßnahmen sollen mit den Landesaufsichtsbehörden abgestimmt werden.

Aus den deutschen Forschungsreaktoren mit mehr als 50 kW thermischer Dauerleistung wurden im Jahr 2007 4 (2006: 6) meldepflichtige Ereignisse gemeldet. Alle 4 Ereignisse wurden in der Kategorie N gemeldet und in die INES-Stufe 0 eingeordnet.

Aus den Anlagen zur Kernbrennstoffver- und -entsorgung wurden im Jahr 2007 insgesamt 20 (2006: 23) Ereignisse erfasst. Alle 20 Ereignisse wurden in der Meldekategorie N und in der INES-Stufe 0 gemeldet. Wie im Vorjahr fanden die meisten Ereignisse (11) in der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) statt, davon waren 2007 fünf Ereignisse Störungen der Lüftungsanlagen. Im Jahr 2006 waren dagegen Störungen in der Strom- und Medienversorgung (z. B. Wasser) dominant.

DOKUMENTATION DER IN DEN DEUTSCHEN KERNKRAFTWERKEN ERZEUGTEN STROMMENGEN

Documentation of Electricity Produced in German Nuclear Power Plants

Ansprechpartner:

Johann Hutter (030 18333-1567)

For the nuclear power plants in operation today it has been set by law that the right for further operation will expire after they will have produced a certain electricity volume, which has been fixed for each individual NPP. These electricity volumes, valid on January 1st, 2000, are laid down in

an annex to the Atomic Energy Act. BfS is the competent authority appointed by law to the registration and documentation of the net electricity produced in German NPPs and the resulting residual electricity volumes according to the Atomic Energy Act. Electricity production rights may be transferred from one NPP to another, any transfer to an older NPP requires the approval by the competent Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety in agreement with the Federal Chancellery and the Ministry of Economics and Technologie. In 2006 and 2007, in five cases applications have been filed; two of them are rejected in the meantime. The decision on the three others is expected in the first half of 2008.

Durch das am 27.04.2002 in Kraft getretene geänderte Atomgesetz (AtG) wird die Kernenergienutzung zur Stromerzeugung geordnet beendet. Die entsprechenden Vorschriften zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität sind in § 7 Abs. 1a bis 1d des AtG geregelt. Für die heute betriebenen Kernkraftwerke bedeutet das, dass nach der Erzeugung der für jede Anlage nach dem AtG festgelegten Reststrommenge die Berechtigung zum Betrieb der Anlage erlischt. Die ab dem 1. Januar 2000 noch produzierbaren Strommengen sind in einer Anlage zum AtG enthalten (Anlage 3 zu § 7 Abs. 1a AtG). Sie waren in der Vereinbarung (Konsensvereinbarung) zwischen der damaligen Bundesregierung und den die Kernenergie nutzenden Energieversorgungsunternehmen (EVU) vom 14. Juni 2000/11. Juni 2001 festgelegt worden und sollten nach Aussagen der Vertragspartner für jedes Kernkraftwerk eine Betriebszeit von ungefähr 32 Jahren ergeben. Für einige der älteren Anlagen wie das Kernkraftwerk Stade (KKS) und das Kernkraftwerk Obrigheim (KWO) bedeutete dies zum 14. November 2003 bzw. 11. Mai 2005 die endgültige Betriebseinstellung. Für weitere vier Atomkraftwerke wird dies voraussichtlich frühestens Ende 2009 der Fall sein (Kernkraftwerk Biblis Block A und Block B, Kernkraftwerk Brunsbüttel und Kernkraftwerk Neckarwestheim 1).

Dass im Jahr 2008 kein Atomkraftwerk seinen Betrieb endgültig einstellen wird, ist überwiegend eine Folge langer Stillstandszeiten. Block A des Kernkraftwerks Biblis war im Jahr 2007 nicht in Betrieb und hat daher auch keine Elektrizität erzeugt (Biblis A ging am 9.2.08 wieder ans Netz), so dass die Ende Dezember 2007 für das Kernkraftwerk Biblis Block A zur Verfügung stehende Reststrommenge gegenüber Ende Dezember 2006 unverändert ist. Auch Block B hat 2007 wegen des fast ganzjährigen Stillstands rund 90 % weniger Strom erzeugt als im Vorjahr. Allerdings ist hier zu beachten, dass RWE nach dem Atomgesetz vom bereits stillgelegten Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich genehmigungsfrei Strommengen auf Biblis B übertragen darf, die dort einem durchschnittlichen Betrieb von über 2 Jahren entsprechen. Das Kernkraftwerk Brunsbüttel ist nach den Ereignissen im Sommer 2007 bislang nicht wieder in Betrieb genommen worden und verfügt noch über eine Reststrommenge von rund 2 Jahren. Das Kernkraftwerk Neckarwestheim 1 schließlich wird vom Betreiber seit einiger Zeit mit

reduzierter Leistung gefahren und wird seine Reststrommenge insofern entsprechend später verbraucht haben.

Beim Bundesamt für Strahlenschutz werden – als hierfür zuständige Behörde – die in den Kernkraftwerken erzeugten Strommengen erfasst und gemäß den Vorgaben des AtG im Bundesanzeiger veröffentlicht. Diese Veröffentlichung erfolgt jährlich, jedoch bei einer voraussichtlichen Restlaufzeit einer Anlage von weniger als sechs Monaten monatlich. Alle Daten der erzeugten Strommengen müssen überprüft werden. Hierzu veranlassen die EVU regelmäßig die Überprüfung der Messgeräte durch unabhängige Sachverständige. Weiterhin wird die ordnungsgemäße Buchführung über die erzeugten Strommengen von einer Wirtschaftsprüfungsgesellschaft regelmäßig geprüft und bescheinigt.

Einzelheiten zur Messung der Strommengen und Datenübermittlung, zur Eichfähigkeit der Messgeräte und zur Bestätigung durch unabhängige Sachverständige und Prüfer sind in den Jahren 2001 bis 2003 zwischen den Betreibern der Kernkraftwerke, dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und dem BfS abgestimmt worden. Diese Informationen wurden ebenfalls beim BfS dokumentiert. Mit Inkrafttreten des neuen AtG begann ab dem Monat Mai 2002 die monatliche Mitteilungspflicht der Daten an das BfS. Seither hat das BfS bereits regelmäßig die noch geltenden Reststrommengen im Bundesanzeiger und auf seiner Internet-Homepage (www.bfs.de) veröffentlicht.

Die zum Jahresende 2007 relevanten Daten der erzeugten Strommengen für den Zeitraum vom

Erzeugte Elektrizitätsmengen (netto) der deutschen Kernkraftwerke, Übertragung von Produktionsrechten und Erfassung der Reststrommengen							
Vom 1. Januar 2000 bis 31. Dezember 2007 erzeugte elektrische Nettoarbeit und Reststrommengen [GWh] - Jahresmeldung 2007							
Kernkraftwerk	Reststrommenge ab 01. Jan. 2000 gem. § 7 Abs. 1a AtG	1. Jan. 2000 bis 31. Dez. 2004	Summe 2005	Summe 2006	Summe 2007***	bisher übertragene Strommengen	verbleibende Reststrommenge
Obrigheim*	8.700,00	13.342,14	857,75	0,00	0,00	5.499,89	0,00
Stade**	23.180,00	18.394,47	0,00	0,00	0,00		4.785,53
Biblis A	62.000,00	33.969,83	7.353,88	6.995,31	0,00		13.680,98
Neckarwestheim 1	57.350,00	30.323,69	5.882,68	6.182,17	4.713,53		10.247,93
Biblis B	81.460,00	42.435,33	6.885,01	8.300,58	884,46		22.954,62
Brunsbüttel***	47.670,00	22.187,84	6.027,24	5.967,39	2.487,86		10.999,67
Isar 1	78.350,00	33.200,18	7.336,92	6.808,10	6.755,77		24.249,03
Unterweser	117.980,00	46.026,10	8.890,64	10.391,46	9.076,27		43.595,53
Philippsburg 1	87.140,00	33.267,19	5.838,77	6.911,89	6.966,11	-5.499,89	28.656,15
Grafenrheinfeld	150.030,00	50.599,98	10.105,98	9.424,88	10.311,47		69.587,69
Krümmel***	158.220,00	44.763,91	9.243,37	10.177,78	5.454,86		88.580,08
Gundremmingen B	160.920,00	50.288,51	10.299,94	10.085,79	10.496,50		79.749,26
Philippsburg 2	198.610,00	52.116,69	10.834,66	10.967,39	11.180,64		113.510,62
Grohnde	200.900,00	54.402,87	10.840,94	10.995,69	10.818,40		113.842,10
Gundremmingen C	168.350,00	48.787,39	10.015,64	10.542,96	9.888,31		89.115,70
Brokdorf	217.880,00	55.492,79	11.400,69	11.201,33	11.425,65		128.359,54
Isar 2	231.210,00	57.833,24	11.102,56	11.755,26	11.377,49		139.141,45
Emsland	230.070,00	55.221,62	10.887,83	11.147,60	10.989,22		141.823,73
Neckarwestheim 2	236.040,00	51.701,00	10.836,41	10.877,47	10.411,09		152.214,03
Summe	2.516.060,00	794.354,77	154.640,91	158.733,05	133.237,63	5.499,89	1.275.093,64
Mülheim-Kärlich	107.250,00						107.250,00
Gesamtsumme	2.623.310,00						1.382.343,64

* Das Kernkraftwerk Obrigheim wurde am 11.05.2005 außer Betrieb genommen.

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

*** Die Angaben in der Spalte 6 "Summe 2007" enthalten die von den Wirtschaftsprüfern gemäß § 7 Abs. 1a AtG geprüften Werte. Für die Kernkraftwerke Brunsbüttel und Krümmel konnten aufgrund der Anlagenstillstände seit dem 18.07.2007 bzw. dem 28.06.2007 die bestimmungsgemäßen Zustände der geeichten Messgeräte nicht durch eine Sachverständigenorganisation überprüft und bescheinigt werden. Für diese beiden Anlagen wird dies in einem Zeitraum von 4 Wochen nach einer Wiederaufnahme des Leistungsbetriebs nachgeholt.

01.01.2000 bis 31.12.2007 sind im Bundesanzeiger vom 28.03.2008 veröffentlicht worden. Die Tabelle auf Seite 28 gibt somit auch den Stand der Reststrommengen zum 31.12.2007 wieder. Damit erzeugten die deutschen Kernkraftwerke im Jahr 2007 so wenig Strom wie seit 1987 nicht mehr. Der Anteil der Kernenergie an der Bruttostromerzeugung reduzierte sich 2007 entsprechend auf 22,1 %, verglichen mit 26,3 % im Jahr 2006. Ursachen hierfür waren die Stillstände von Biblis A (ganzjährig, bis 9.2.2008) und Biblis B (nahezu ganzjährig, bis 1.12.2007) sowie der Kernkraftwerke Krümmel (seit 28.6.2007) und Brunsbüttel (seit 18.7.2007). (vgl. Kapitel „Meldepflichtige Ereignisse 2007“). Auch bei diesen beiden Anlagen sind notwendige Dübelsanierungen der wesentliche Grund für den nach wie vor andauernden Stillstand. In Krümmel kommen Reparaturarbeiten wegen Rissbefunden hinzu (vgl. Kapitel „Risse in Armaturen des Kernkraftwerks Krümmel“).

Mitgeteilt werden müssen dem BfS auch Übertragungen von Stromproduktionsrechten. Nach § 7 Abs. 1b AtG können die noch produzierbaren Strommengen grundsätzlich nur von älteren auf jüngere Kernkraftwerke übertragen werden. Mit dieser Regelung soll die unternehmerische Flexibilität erhalten und gleichzeitig darauf hingewirkt werden, dass ältere Kernkraftwerke vorzeitig außer Betrieb genommen werden können, da diese teilweise über geringere Sicherheitsreserven verfügen als jüngere Anlagen. Eine Übertragung ist jedoch im Ausnahmefall auch von einem neueren auf ein älteres Kernkraftwerk möglich. Diese Übertragung bedarf jedoch nach AtG einer Zustimmung des BMU im Einvernehmen mit dem Bundeskanzleramt (BK) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Eine Sonderregelung enthält das AtG für ein Kontingent von 107,25 TWh, das RWE im Hinblick auf das stillgelegte Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich zugewilligt wurde.

In den Jahren 2006 und 2007 wurden beim BMU insgesamt fünf Anträge auf Zustimmung zu Strommengenübertragungen gestellt. Am 26.09.2006 beantragte die RWE Power AG beim BMU die Zustimmung zu einer Übertragung von 30,0 TWh auf das Kernkraftwerk Biblis A (KWB-A), das älteste noch betriebene deutsche Kernkraftwerk. RWE will diese Strommenge aus dem Kontingent übertragen, das RWE im Atomgesetz für das stillgelegte Atomkraftwerk Mülheim-Kärlich zugewiesen wurde. Für den Fall der Ablehnung dieses Antrags wurde hilfsweise die Zustimmung zu einer Übertragung vom zweitjüngsten deutschen Kernkraftwerk Emsland (KKE) beantragt). Die EnBW Kernkraft GmbH stellte am 21.12.2006 einen Antrag auf Zustimmung zu einer Übertragung einer Strommenge von 46,9 TWh vom jüngsten Kernkraftwerk Neckarwestheim 2 (GKN2) auf die zweitälteste noch betriebene Anlage Neckarwestheim 1 (GKN1). Weiterhin wurden am 06.03.2007 und am 22.05.2007 von der Vattenfall Nuclear Energy GmbH für das Kernkraftwerk Brunsbüttel (KKB) Anträge auf Zustimmung zu einer Übertragung von 15 TWh aus dem Mülheim-Kärlich-Kontingent bzw. von der ebenfalls jüngeren Anlage Krümmel (KKK).

Das BMU hat die beiden Anträge auf Zustimmung zu Übertragungen aus dem KMK-Kontingent am 15.5. und 1.8.2007 abgelehnt, da Biblis A und Brunsbüttel im Atomgesetz nicht in der Liste der Anlagen enthalten sind, auf die Reststrommengen des AKW Mülheim-Kärlich übertragen werden können. Die Prüfungen der drei o. a. Anträge auf Zustimmung zu Strommengenübertragungen von jüngeren auf ältere Anlagen, die jeweils eine vergleichende Sicherheitsanalyse beider Kraftwerke durch das Bundesumweltministerium erfordern, sind teilweise noch nicht abgeschlossen. Am 07.04.2008 beschied das BMU, dass vom Kernkraftwerk Emsland keine Strommengen auf das erheblich ältere Kernkraftwerk Biblis A übertragen werden dürfen. Begründung: Biblis A verfüge über weniger Sicherheitsreserven als das modernere Atomkraftwerk Emsland. Zur Sicherstellung der Energieversorgung und zum Klimaschutz sei die Strommengenübertragung nicht erforderlich. Die übrigen Entscheidungen werden für die erste Hälfte 2008 erwartet.

Die Genehmigungsinhaber haben im Jahre 2007 bereits zu allen fünf Zustimmungsanträgen vor den zuständigen Verwaltungsgerichten Klage erhoben. Das Schleswig-Holsteinische Obergerverwaltungsgericht hat am 16.01.2008 die Klage der zum Vattenfall-Konzern gehörenden Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & CO OHG auf Zustimmung zur beantragten Übertragung aus dem Strommengenkontingent des bereits stillgelegten Kernkraftwerks Mülheim-Kärlich abgewiesen. Das OVG-Urteil bestätigt die Rechtmäßigkeit der BMU-Entscheidung vom 01.08.2007. Die RWE im Hinblick auf das Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich zugewiesene Strommenge könne nur auf bestimmte, im Atomgesetz abschließend aufgeführte Kraftwerke übertragen werden. Das Bundesumweltministerium sei nicht ermächtigt, eine Übertragung auf andere Anlagen zuzulassen. Wegen der grundsätzlichen Bedeutung dieses Rechtsstreits hat das Obergerverwaltungsgericht die Revision an das Bundesverwaltungsgericht zugelassen. Am 27.02.2008 bestätigte der Hessische Verwaltungsgerichtshof die Entscheidung des BMU, eine Strommengenübertragung aus dem Mülheim-Kärlich-Kontingent auf das Kernkraftwerk Biblis A nicht zuzulassen.

RISSE IN ARMATUREN DES KERNKRAFTWERKS KRÜMMEL (KKK)

Cracks in Armatures of Krümmel Nuclear Power Plant (KKK)

Ansprechpartner:

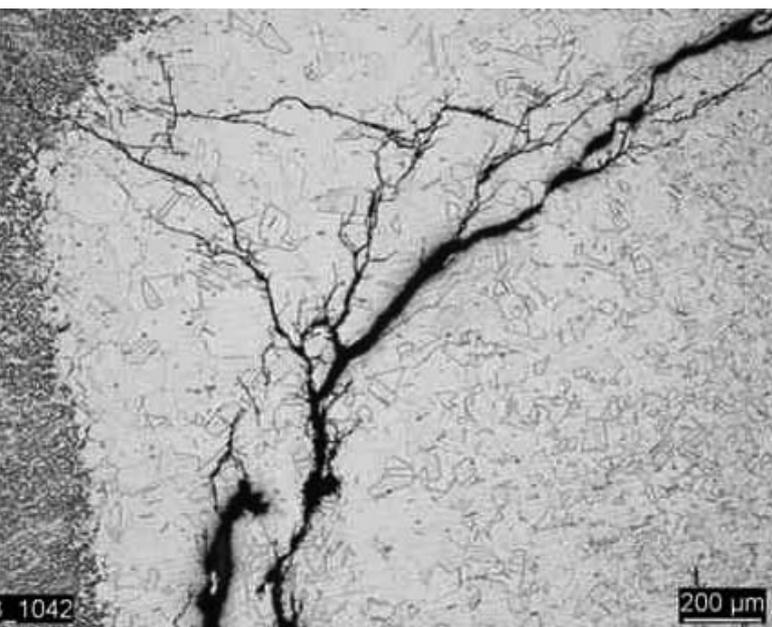
Rainer Gersinska (030 18333-1544)

In the course of the revision of the year 2007 cracks were found in austenitic armatures of the Krümmel nuclear power plant. 37 out of 54 analysed armatures show typical transgranular stress corrosion cracking. The phenomenon had been known for several years and was analysed in a research project of the Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart. Typically the phenomenon occurs in the temperature range

between 60 °C und 90 °C under stagnating medium conditions with a concentration of chlorine ions. Obviously it is most important to avoid chlorine concentrations in future.

In den aus Austenit-Stahl hergestellten Armaturen des Kernkraftwerks Krümmel wurden in der Jahresrevision 2007 bei Farbeindringprüfungen in der druckführenden Umschließung des Primärkühlmittels Befunde festgestellt. Als druckführende Umschließung wird in Siedewasserreaktoren der Reaktor Druckbehälter bezeichnet. Zusätzlich werden auch die Rohrleitungen dazugezählt, in welchen Kühlmittel fließt, bis einschließlich der ersten Armaturen, mit der dieser Bereich des Kernkraftwerks gegebenenfalls von anderen Anlagenbereichen abgesperrt werden kann. Die in diesem Bereich verwendeten Materialien und Komponenten müssen auch deshalb außerordentlich stabil sein, weil das Kühlmittel im Normalbetrieb aufgrund des direkten Kontakts mit dem Reaktor radioaktiv kontaminiert ist und nicht austreten darf.

An 37 von bisher 54 geprüften Armaturen sind auf der Grundlage von Oberflächenabdrücken Risse festgestellt worden (Stand: April 2008). Dabei wurde eine so genannte transkristalline Spannungsrissskorrosion (TSpRK) in Verbindung mit Chlorid-Ionen nachgewiesen. Sofern die Risse nicht rechtzeitig entdeckt werden, ist ein Risswachstum bis hin zu einer Leckage nicht auszuschließen. Daher wurde eine betroffene Armatur zur Risstiefenbestimmung zerstörend untersucht. Es wurde festgestellt, dass die Risse dort nur in einem oberflächennahen Bereich verlaufen. Deshalb wurde als Reparaturkonzept ein Ausdrehen der Oberflächenrisse vorgesehen. Dies bedeutet, dass das Material der betreffenden Armatur so weit abgeschliffen wird, bis der Riss „abgetragen“ ist. Da hierdurch die Wanddicke der Armatur abnimmt, ist ein Ausdrehen nur in einem



Typisches Schadensbild der transkristallinen Spannungsrissskorrosion

begrenzten Maße sinnvoll. Reichen die Risse tiefer, ist vorgesehen, die jeweilige Armatur auszutauschen oder mit einer Auftragsschweißung zu versehen.

Das Phänomen der transkristallinen Spannungsrissskorrosion ist bereits länger bekannt. Es trat bereits seit den 1980er Jahren in in- und ausländischen Anlagen auf, z. B. in den Kernkraftwerken Gösgen (Schweiz) 1982, Hatch 1 (USA) 1982, Borssele (Niederlande) 1983, sowie in den deutschen Kernkraftwerken Stade (2001) und Grafenrheinfeld (2005), d. h. sowohl in Druck- als auch in Siedewasserreaktoren. Inwieweit noch andere deutsche Anlagen derzeit von dem Phänomen betroffen sind, ist Gegenstand aktueller Untersuchungen.

In den vergangenen drei Jahren wurden in einem vom Bundesamt für Strahlenschutz initiierten Untersuchungsvorhaben an der Materialprüfungsanstalt (MPA) an der Universität Stuttgart anhand von Schadensfällen vertiefte Analysen durchgeführt. Hierbei wurden sowohl Schadensberichte ausgewertet, die der MPA zur Verfügung standen, als auch werkstofftechnische Untersuchungen an geschädigtem Material durchgeführt. Ziel war es, typische Schadensbilder, Schadensursachen und soweit möglich Maßnahmen zur zukünftigen Vermeidung solcher Schäden zusammenzustellen. Ein Aufkonzentrieren von Chloriden aus dem Reaktorwasser ist ein möglicher Schadensmechanismus. Auch die früher eingesetzten asbesthaltigen Dichtungen könnten eine mögliche Quelle für Chloride sein.

Als Ergebnis der Untersuchungen wurde festgestellt, dass diese transkristalline Spannungsrissskorrosion häufig an Leitungen auftritt, die im Betrieb nicht ständig durchströmt werden und deren Betriebstemperaturen typischerweise im Bereich von 60 °C bis 90 °C liegt. Vermutet wird eine lokale Aufkonzentration von Chlor durch Verdampfungsprozesse und in wenig durchströmten Leitungsabschnitten (z. B. an Schweißnähten), die dann zum Schaden führt. In den Belägen der Rohrinneenseite werden auch deutliche Chlorgehalte festgestellt, wobei die Chlorquelle in der Regel nicht eindeutig identifizierbar ist. Oftmals sind Leitungen betroffen, die nahezu ohne Druck betrieben werden, so dass aufgrund der nicht vorhandenen Betriebsbeanspruchungen offenbar die Eigenspannungen bzw. Montagespannungen für eine Rissentstehung ausreichen. Die wirksamste Maßnahme zur Vermeidung von Schäden durch transkristalline Spannungsrissskorrosion besteht offensichtlich darin, dass Einschleppen von Chlorionen (oder auch Fluorid) zu vermeiden. Deshalb ist es sinnvoll, die bereits getroffenen Maßnahmen zur Vermeidung des Einschleppens von Chlor auf ihre Wirksamkeit hin erneut zu überprüfen. Der sorgfältigen Überprüfung von Anlagenbereichen, die aufgrund der Betriebsbedingungen als potenziell gefährdet anzusehen sind, kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

INTERNATIONALER STAND DER ANWENDUNG PROBABILISTISCHER SICHERHEITSANALYSEN FÜR KERNKRAFTWERKE

International Status of the Application of Probabilistic Safety Analyses for Nuclear Power Plants

Ansprechpartner:

Heinz-Peter Berg (030 18333-1501)

In the past, the safety concept of nuclear power plants as well as licensing decisions were mainly based on deterministic principles. Due to improved databases and analysing methods, probabilistic safety assessment (PSA) methods are now considered to be mature, to be able to check deterministic design and to provide information on plant vulnerabilities and potential weaknesses of operation and design. In order to harmonise the procedure of performing PSA for different applications and to achieve a comparable quality international guidelines are under development.

In der Vergangenheit basierte das Sicherheitskonzept von Kernkraftwerken und die Entscheidung über dessen Genehmigungsfähigkeit im Wesentlichen auf deterministischen Prinzipien. Aufgrund verbesserter Analysemethoden und umfangreicher Datenbanken zu Betriebserfahrungen mit Anlagenteilen, Systemen und Komponenten werden probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) weltweit als ergänzendes Instrument zu deterministischen Analysen für die Bewertung des Sicherheitsniveaus industrieller Anlagen, insbesondere von Kernkraftwerken, eingesetzt.

Der Unterschied zwischen den beiden Arten von Sicherheitsanalysen lässt sich etwas vereinfachend wie folgt verdeutlichen: Im Rahmen der Genehmigungsverfahren für den Bau und Betrieb neuer Kernkraftwerke wurden und werden üblicherweise deterministische Sicherheitsanalysen durchgeführt, ähnlich wie auch bei der Konstruktion von Brücken oder anderen Bauwerken und Anlagen. Hier werden zunächst Annahmen und Festlegungen darüber getroffen, welche Störfälle bei der betreffenden Anlage möglich sind. Implizit fällt hierdurch auch eine Entscheidung, welche Störfälle nicht betrachtet werden. In einem weiteren Schritt wird dann ermittelt, durch welche technischen Maßnahmen diese festgelegten Störfälle verhindert werden können. Dazu werden aus Berechnungen Anforderungen an die Konstruktion der Anlage sowie an das Material abgeleitet, z. B. welche Drücke und Temperaturen ein Material aushalten können muss. Anschließend wird diesen Anforderungen ein so genannter Sicherheitszuschlag hinzugefügt, um auch nicht vorhergesehenen Umständen in gewissem Maße begegnen zu können.

Bei einer probabilistischen Analyse wird dagegen kein Szenario von vornherein ausgeschlossen. Es wird vielmehr analysiert, mit welcher Wahrscheinlichkeit diese oder jene Einzelkomponente (alleine oder auch in Kombination mit anderen) ausfallen und zu welchen Folgen

und gegebenenfalls welchen Störfällen dies mit welcher Wahrscheinlichkeit führen wird. Auch hieraus werden dann wieder Abhilfemaßnahmen abgeleitet. Durch die probabilistische Herangehensweise wurde auch bei deutschen Kernkraftwerken festgestellt, dass bestimmte Ablaufszenarien von erheblicher sicherheitstechnischer Bedeutung sein können, die früher als weniger relevant eingeschätzt wurden. So wurde erst hierdurch deutlich, dass ein kleines Leck in einer so genannten Hauptkühlmittelleitung erheblich gravierender sein kann als ein großes Leck an derselben Leitung.

Die probabilistische Sicherheitsanalyse verwendet Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Fehlerbäume oder Ereignisbäume) und der Statistik (Daten über die Zuverlässigkeit von Systemen und Komponenten). Diese Daten erhält man aus der Betriebserfahrung des jeweiligen Kraftwerks, aber auch anderer Kraftwerke in Deutschland oder aus internationalen Datenbanken. Anhand der Ergebnisse einer probabilistischen Sicherheitsanalyse kann das Sicherheitskonzept eines Kernkraftwerks ganzheitlich (Design der Anlage, Betriebsweise, menschliches Handeln) bewertet und das aktuelle Sicherheitsniveau mit Zahlenwerten bestimmt werden.

Die deterministische Sicherheitsanalyse ist beim Design einer neuartigen Anlage von größerer Bedeutung. Denn es liegen noch keine betrieblichen Erfahrungen für dieses neue Kraftwerk vor, aus denen sich die Wahrscheinlichkeit für den Ausfall der einen oder anderen Komponente ableiten lässt. Doch auch bei neuen Projekten wie in Finnland wird heute eine erste vorläufige probabilistische Sicherheitsanalyse gefordert. Bei einer in Betrieb befindlichen Anlage gewinnen die Ergebnisse von probabilistischen Sicherheitsanalysen an Bedeutung, weil sie den aktuellen sicherheitstechnischen Zustand umfassend bewerten und Schwachstellen erkennen lassen.

Dieser Bedeutungszuwachs der probabilistischen Sicherheitsanalyse hat dazu geführt, dass auf der Ebene internationaler Organisationen wie der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) oder OECD/NEA Regelungen entwickelt bzw. Übersichtsberichte zum Stand der Anwendung probabilistischer Sicherheitsanalysen in den Mitgliedsländern erstellt werden.

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

Stufe 1: Eintrittshäufigkeiten von auslösenden Ereignissen, Gefährdungs- bzw. Kernschadenszuständen (Gefährdung der Brennelementkühlung bis unmittelbar vor Kernschmelzbeginn) und sicheren, beherrschten Anlagenzuständen,

Stufe 2: Häufigkeiten von Anlagenschadenszuständen unter Kernschmelzbedingungen in Verbindung mit

dem jeweiligen Ort und der Menge freigesetzter radioaktiver Stoffe,

Stufe 3: Eintrittshäufigkeiten von Folgeschäden in der Anlagenumgebung.

Da gegenwärtig nur relativ alte internationale Dokumente veröffentlicht sind wie die Beschreibung der Vorgehensweise bei der Durchführung von probabilistischen Sicherheitsanalysen der IAEA aus den 90iger Jahren, hat neben Deutschland auch eine Reihe anderer Länder wie die Schweiz, Finnland und Kanada eigene Regelungen auf diesem Gebiet entwickelt.

Um international eine möglichst harmonisierte Vorgehensweise und Qualität in den verwendeten Methoden und Daten zu erreichen, werden zurzeit bei der IAEA Leitfäden (so genannte Safety Guides) zur PSA der Stufe 1 bzw. zur PSA der Stufe 2 erarbeitet; dazu hat vom 3. bis 7. Dezember 2007 ein Technisches Meeting in Wien stattgefunden, in dem die vorgelegten Entwürfe der Leitfäden diskutiert wurden. Sowohl bei der Erstellung dieser Entwürfe in den Jahren 2006 und 2007 als auch beim o. g. Technischen Meeting war das BfS aktiv beteiligt, um einerseits die eigenen Erfahrungen bei der Erarbeitung entsprechender Dokumente in Deutschland einfließen lassen zu können und andererseits ausländische gute Praktiken in der bis 2010 geplanten Überarbeitung der deutschen Dokumente zu PSA-Methoden und PSA-Daten zu berücksichtigen.

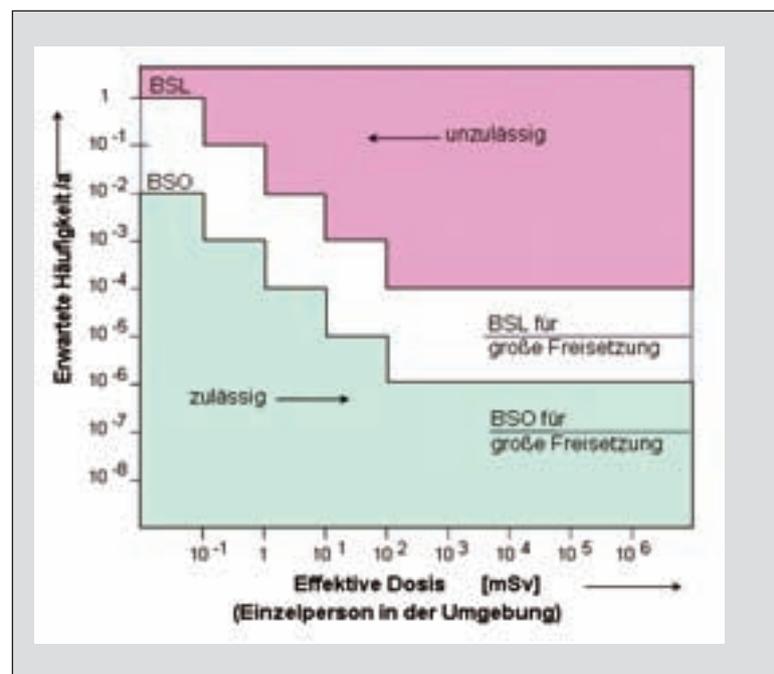
Von besonderer Bedeutung für diese Arbeiten in Deutschland sind die so genannten Referenzniveaus der Western European Nuclear Regulators' Association (WENRA – Vereinigung der Leiter der atomrechtlichen Behörden in Staaten der Europäischen Union) zur kerntechnischen Sicherheit, auf die sich alle Staaten der Europäischen Union geeinigt haben und die auch Anforderungen an durchzuführende probabilistische Sicherheitsanalysen enthalten, die in Deutschland noch nicht vollständig umgesetzt sind wie z. B. die Berücksichtigung des Nichtleistungsbetriebs in einer PSA der Stufe 2. Diese Referenzniveaus sollen in das nationale Regelwerk und die nationale Sicherheitspraxis bis 2010 umgesetzt werden.

Probabilistische Sicherheitsanalysen der Stufe 3 sind bisher weltweit nur vereinzelt durchgeführt worden, oft im Rahmen von Forschungsarbeiten. Insofern fehlen für diese Analysen ausreichende Erfahrungen, um entsprechende behördliche Regelungen zu entwickeln. Außerdem bringen nach bisherigen Kenntnissen mit den heute verfügbaren Methoden für Risikoanalysen die Ergebnisse einer PSA der Stufe 3 gegenüber einer PSA der Stufe 2 für die sicherheitstechnische Verbesserung eines Kernkraftwerks kaum neue Erkenntnisse.

International ist die Durchführung von probabilistischen Sicherheitsanalysen, insbesondere der Stufe 1, und die Umsetzung der daraus resultierenden Verbes-

serungsmaßnahmen in Aufsichtsverfahren im Rahmen von periodischen Sicherheitsanalysen gängige Praxis. Im Gegensatz zur bisher nur in Ausnahmefällen üblichen Vorgehensweise in Deutschland werden Ergebnisse der PSA international auch in anderen Anwendungsbereichen (z. B. bei der Bewertung von meldepflichtigen Ereignissen, bei der Einführung von Risikomonitoring in Kernkraftwerken, beim Training des Betriebspersonals) und in der täglichen Aufsichtstätigkeit (z. B. bei Beurteilung von Änderungsanträgen zum Einsatz neuer Komponenten oder zur Festlegung von notwendigen Zeitabständen für die Durchführung von Prüfungen bzw. für Maßnahmen des Notfallschutzes) bei der Entscheidungsfindung der Behörden mit einbezogen.

Dabei sind die nationalen Vorgehensweisen zur Integration der Erkenntnisse aus der PSA in die Sicherheitsbeurteilung eher uneinheitlich. Einige Länder betonen die strikt komplementäre Rolle der PSA, andere verfolgen eine mehr risikoorientierte Vorgehensweise, wenige Länder wie z. B. die Niederlande, Großbritannien oder Australien haben Risikokriterien formuliert, die zum Teil nur für die Kerntechnik definiert wurden oder die übergreifend für alle technischen Bereiche gelten, in den Niederlanden z. B. bei der Frage der Erweiterung des Flughafens Schiphol in Amsterdam oder der Einrichtung von technischen Maßnahmen zum Schutz vor Überflutungen. Solche Bewertungskriterien, an denen die Ergebnisse der PSA gespiegelt werden können, existieren für den Bereich der Kerntechnik in Deutschland nicht, wohl aber z. B. für die Flugzeugindustrie und aufgrund europäischer Regelungen in einigen Jahren auch für die Sicherheit im Eisenbahnverkehr.



Risikokriterien in Großbritannien
(BSL: Sicherheitsgrenzwert, BSO: Sicherheitsziel, Große Freisetzung: 10.000 TBq I-131, 200 TBq Cs-137 oder äquivalent)

DAS PROZESS-ORIENTIERTE SIMULATIONSMODELL (POS) DES BfS ZUR QUANTIFIZIERUNG GEMEINSAM VERURSACHTER AUSFÄLLE (GVA) BEI KERNKRAFTWERKEN

The Process Oriented Simulation Model of BfS to Quantify Common Cause Failures in Nuclear Power Plants

Ansprechpartner:

Heinz-Peter Berg (030 18333-1501)

In a PSA dependent failures of redundant components are to a certain extent directly modelled in fault trees. Parametric models are used to take the complementary fraction – called common cause failures (CCF) – into account. CCF play a dominant role in PSA for German nuclear power plants. With the so-called POS model for the quantification of CCF, BfS has developed a new approach based on the simulation of the full CCF process ranging from the time when the cause hits at least two of the redundant components over immediate or delayed failure to the identification of the failure. Key features of the POS model are the applicability to systems of high redundancy and the explicit distinction between immediate and delayed failures. Furthermore, the parameter estimation procedure can be tested against artificial failure data created with POS using known parameters.

Zur Stellung der PSA im Rahmen der Sicherheitsbeurteilung von Kernkraftwerken

Probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA, vgl. auch den Artikel „Internationaler Stand der Anwendung probabilistischer Sicherheitsanalysen für Kernkraftwerke“) gehören zum Stand von Wissenschaft und Technik bei der Sicherheitsbeurteilung von Kernkraftwerken und werden im Rahmen von Sicherheitsüberprüfungen gemäß Atomgesetz vom Betreiber eines Kernkraftwerks verlangt. Mit Hilfe einer PSA können das Anlagenverhalten realistisch analysiert und resultierende Anlagenzustände sowie deren Eintrittshäufigkeit quantifiziert werden. Eventuell bestehende Schwachstellen bzw. mögliche Unausgewogenheiten des sicherheitstechnischen Anlagenkonzepts können festgestellt und das Sicherheitsniveau der Anlage insgesamt quantitativ bewertet werden.

Mit der Veröffentlichung des erheblich erweiterten und am aktuellen internationalen Stand orientierten Leitfadens „Probabilistische Sicherheitsanalyse“ im November 2005 durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wird u. a. gefordert, eine probabilistische Sicherheitsanalyse bis einschließlich der Stufe 2 anlagenspezifisch durchzuführen. Dieser Leitfaden gibt hierfür aus behördlicher Sicht wesentliche Ziele, allgemeine Anforderungen an Umfang und Methoden sowie die Ergebnisdokumentation vor. Er verweist darüber hinaus auf die in den ebenfalls adäquat fortgeschriebenen PSA-Fachbänden „Methoden zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke“

und „Daten zur probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke“ festgelegten Einzelheiten zu den Analysebereichen und -stufen als eine nähere Bestimmung des Standes von Wissenschaft und Technik der probabilistische Sicherheitsanalysen. Diese Fachbände werden vom Facharbeitskreis „PSA für Kernkraftwerke“ (FAK PSA) – einem vom BfS geleiteten technischen Expertengremium – erarbeitet (siehe BfS-Jahresbericht 2006). Die Sicherheitsüberprüfungen werden nach Maßgabe der Leitfäden von den Betreibern durchgeführt, die Ergebnisse sind zu den im Atomgesetz verankerten Zeitpunkten den jeweiligen Aufsichtsbehörden in den Ländern vorzulegen.

Abhängige Ausfälle

In einer Systemanalyse sind neben unabhängigen Komponentenausfällen auch abhängige Ausfälle zu behandeln. Um eine möglichst zutreffende Wahrscheinlichkeitsbewertung in der Systemstruktur vorliegender, abhängiger Ausfälle zu erreichen, sind Sekundärausfälle (Folgeausfälle, z. B. durch unzulässig hohe Temperatur infolge einer Dampfleckage) und kommandierte Ausfälle (z. B. Ausfall einer Komponente infolge des Ausfalls ihrer Stromversorgung) so weit wie möglich durch eine detaillierte Fehlerbaumanalyse direkt zu erfassen. Die verbleibenden, so nicht erfassten abhängigen Ausfälle zweier oder mehrerer ähnlicher oder baugleicher Komponenten werden gemeinsam verursachte Ausfälle (GVA) genannt. So gibt es z. B. deutsche Betriebserfahrungen, dass Absperrschieber in Wasser führender Systeme durch gemeinsam verursachte Ausfälle (z. B. falsches Schmiermittel) ausfallen können. Dabei wird dann genauer zwischen den Ausfallarten Absperrschieber „öffnet nicht“ oder „schließt nicht“ unterschieden. Entsprechende generische Zahlenwerte sind im oben genannten Datenband zur probabilistischen Sicherheitsanalyse aufgeführt. Die Bewertung von gemeinsam verursachten Ausfällen erfolgt durch Nutzung parametrischer Modelle mit Parameterschätzung auf der Basis der Betriebserfahrung. Ein solches parametrisches Modell ist das im BfS entwickelte POS-Modell (s. S. 34).

Die besondere Bedeutung von gemeinsam verursachten Ausfällen für die Ergebnisse von probabilistischen Sicherheitsanalysen

Die Auswirkungen von gemeinsam verursachten Ausfällen auf die Zuverlässigkeit sind besonders gravierend, wenn sie mehrere redundante Komponenten betreffen und so auftreten, dass die ausgefallenen Zustände bei einer Anforderung gleichzeitig vorliegen. In Analysen für deutsche Kernkraftwerke, die sich durch hohe Redundanzgrade auszeichnen, sind die gemeinsam verursachten Ausfälle, insbesondere für die Wahrscheinlichkeit von Reaktorunfällen mit Kernschaden, wesentlich. So wurde z. B. in einer in 2007 erstellten probabilistischen Sicherheitsanalyse für die Referenzanlage Phillipsburg 1 ermittelt, dass gemeinsam verursachte Ausfälle an 80 % der Ereignisabläufe beteiligt sind, die zu einem Kernschaden führen.

Das POS-Modell

Abriss der Modellstruktur

Ausgangspunkt des POS-Modells ist das Eintreten einer gemeinsamen Ausfallursache, die mindestens zwei von mehreren redundanten Komponenten betrifft (redundant bedeutet hier, dass aus Sicherheitsgründen mehr Komponenten vorliegen, als mindestens erforderlich sind). Diese Ursache kann z. B. eine unsachgerechte Wartungsmaßnahme wie die Anwendung eines ungeeigneten Schmiermittels oder eine zu hohe Umgebungstemperatur durch einen Brand in einem angrenzenden Raum sein. In der Simulation wird im nächsten Schritt festgelegt, ob der Ausfall sofort eintritt oder z. B. als Ergebnis eines Korrosionsprozesses erst zeitverzögert. Die Ausfallzeitpunkte werden ermittelt und im letzten Simulationsschritt wird festgelegt, wann die Ausfälle bzw. Schädigungen entdeckt werden. Dies kann bei Inspektionen, bei wiederkehrenden Prüfungen oder erst bei echten Anforderungen der Komponenten der Fall sein. Daher geht hier als maßgebliche betriebliche Kenngröße mit ein, wie oft die betreffende Komponente geprüft wird. Damit lässt sich der Zeitraum berechnen, in dem das System nicht verfügbar war. Durch weitere Berechnungen lässt sich ermitteln, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass das betreffende System nicht verfügbar sein wird bzw. in der Vergangenheit war. Diese Wahrscheinlichkeit wird wiederum benötigt, um eine probabilistische Sicherheitsanalyse die gemeinsam verursachten Ausfälle betreffend durchzuführen.

Wichtige Modelleigenschaften

Im Gegensatz zu anderen Modellen umfasst der POS-Ansatz alle relevanten Variablen des Prozesses bei gemeinsam verursachten Ausfällen, d. h. vom Eintreten der Ursache über die Ausfallzeitpunkte bis zur Erkennung des Schadens. Es wird die aus der Betriebserfahrung bekannte Tatsache explizit berücksichtigt, dass ein Teil der Ursachen zum sofortigen Ausfall der betroffenen Komponenten führt, ein anderer Teil verzögert. Dies stellt einen entscheidenden Unterschied dar, da kein anderes GVA-Modell bekannt ist, dass ohne gewissermaßen „künstliche“ Zusatzannahmen auf Systeme mit hoher Redundanz angewendet werden kann.

Entwicklungsstand

Das POS-Modell wurde im BfS entwickelt und in einer Reihe von Publikationen der Fachwelt vorgestellt. Es wird BfS-intern – etwa zur Überprüfung von Ergebnissen aus Untersuchungsvorhaben, die an externe Auftragnehmer vergeben werden – genutzt. Mit dem im Jahr 2008 publizierten Bericht liegt nunmehr eine geschlossene Dokumentation des Modells und seiner Eigenschaften vor, die nicht zuletzt auch im Hinblick auf mögliche Anwendungen in der Praxis der probabilistischen Sicherheitsanalyse erstellt wurde. Das POS-Modell wird die bestehende Praxis der Quantifizierung gemeinsam verursachter Ausfälle sinnvoll ergänzen.

SICHERHEITSANFORDERUNGEN AN DIE INSPEKTION DER SOFTWARE-BASIERTEN LEITTECHNIK IN KERNKRAFTWERKEN

Safety requirements on the Inspection of Software-based I&C of Nuclear Power Plants

Ansprechpartner:

Freddy Seidel (030 18333-1548)

Due to the fact that instrumentation and control (I&C) systems in conventional power plants and nuclear power plants will be software-based in the future, requirements have to be developed, in particular for the use of I&C in safety significant areas of a nuclear power plant. Since some countries have already introduced this technology, the exchange of information and experience related to regulatory safety inspections is important. For that purpose, a workshop was organised by Bfs in 2007. As major objectives the supervision of periodical maintenance activities and modifications as well as the assessment of operating experience and test records have been reported.

Die Sicherheitsleittechnik überwacht und begrenzt automatisch die Werte der Sicherheitsparameter (Drücke, Temperaturen, Füllstände, Neutronenflussdichte etc.). Sie löst weiterhin bei Grenzwertüberschreitungen Sicherheitsmaßnahmen wie Leistungsabsenkung, Turbinenschnellschluss oder Reaktorschnellabschaltung aus. Beim Bau der Kernkraftwerke wurden fest verdrahtete leittechnische Einrichtungen mit analoger Relais- und Transistortechnik eingesetzt. Diese Bauteile sind heute nur noch sehr aufwändig in Stand zu setzen oder herzustellen, daher werden in naher Zukunft Ersatzteile für Analogtechnik-Komponenten zum Teil nicht mehr zu beschaffen sein. Als Ersatz stehen auf dem weltweiten Markt eine Vielzahl von Leittechnikeinrichtungen zur Verfügung, mit denen Messwerte und Betriebsdaten Software-basiert verarbeitet werden. Diese Einrichtungen sind nach unterschiedlichen Regelwerken und für die Anwendung in unterschiedlichen Industriebereichen qualifiziert; auch für die Kerntechnik gibt es vorqualifizierte Leitsysteme. Die Umrüstung hat bereits weltweit begonnen, so auch für die in Deutschland betriebenen Kernkraftwerke, wobei zunehmend auch die Sicherheitsleittechnik betroffen ist.

Daher ist es notwendig, die Genehmigungsanforderungen an Software-basierte Sicherheitsleittechnik für den Einsatz in Kernkraftwerken festzuschreiben, die Nachweismethoden hinsichtlich der Zuverlässigkeit weiterzuentwickeln sowie ggf. anstehende bundesaufsichtliche Stellungnahmen zum Einsatz für Funktionen mit höchster Sicherheitsbedeutung vorzubereiten.

So werden die Anforderungen an Software-basierte Leittechnik mit Sicherheitsbedeutung derzeit weltweit in internationalen Gremien als Leitlinien und Standards festgeschrieben. Das BfS stellt mit der Betreuung von Untersuchungsvorhaben und eigenen Beiträgen sicher, dass die wesentlichen einschlägigen Standards der International Electrotechnical Commission (IEC) mit den in Deutsch-



Studie zu einer KKW-Warte mit Software-basierter Leit- und Bedienungstechnik (Quelle: AREVA)

land formulierten Sicherheitsanforderungen kompatibel sind und darauf aufbauend für Deutschland eine geschlossene Verfahrensweise für den Sicherheitsnachweis für Software-basierte Sicherheitsleittechnik entwickelt werden kann.

Im September 2007 fand beim Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) in Garching ein von der OECD-Arbeitsgruppe zu Inspektionspraxis sowie dem BfS organisierter Workshop zu Fragen der Inspektion Software-basierter Leittechnik mit Sicherheitsbedeutung statt. Das BfS thematisierte hier insbesondere, welche Sicherheitsrelevanz Veränderungen an der Software der Leittechnik haben können. Die Erfahrung zeige, dass sicherheitstechnisch relevante Ereignisse in Kernkraftwerken zu einem bedeutenden Anteil auch durch EDV-gestützte Instandhaltungsarbeiten in der Anlage verursacht werden sowie durch Veränderungen in der hier verwendeten Software. Das BfS wies u. a. darauf hin, dass Software-Veränderungen während des laufenden Betriebs von Kernkraftwerken streng daraufhin geprüft werden müssen, ob sie die Anlagensicherheit beeinträchtigen können.

STILLEGUNG KERNTÉCHNISCHER ANLAGEN – AKTUELLE HERAUSFORDERUNGEN FÜR DAS BfS

Decommissioning of Nuclear Facilities – Current Challenges for BfS

Ansprechpartner:

Bernd Rehs (030 18333-1547)

Since September 2007 the BfS activities in the field of decommissioning of nuclear facilities have been accomplished in

the section “Decommissioning of Nuclear Facilities”. By this measure BfS meets the challenge of increasing tasks in this scope of work. In the future international activities shall be intensified and the exchange of information amongst relevant competent sections of the BfS shall be enhanced.

Die Arbeiten des BfS im Bereich Stilllegung kerntechnischer Anlagen werden seit September 2007 im Fachgebiet „Stilllegung kerntechnischer Anlagen“ durchgeführt. Das BfS stellt sich damit den in Zukunft noch wachsenden Aufgaben in diesem Arbeitsbereich.

Durch den politischen Entschluss Deutschlands, aus der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung auszusteigen (umgesetzt in der Novellierung des Atomgesetzes vom April 2002), ist in den nächsten ca. 15 Jahren mit der endgültigen Abschaltung der 17 zurzeit noch in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke zu rechnen. Aktuell sind in Deutschland bereits 19 Kernkraftwerke und Prototypreaktoren endgültig abgeschaltet. Hiervon wurden zwei bis zur sog. „grünen Wiese“ vollständig abgebaut und zwei weitere befinden sich im „sicheren Einschluss“, d. h. es befindet sich kein Kernbrennstoff mehr in der stillgelegten Anlage, eine radiologische Überwachung findet jedoch weiterhin statt. Die verbleibenden 15 Anlagen befinden sich in verschiedenen Stilllegungsphasen, darunter das zuletzt im Mai 2005 endgültig abgeschaltete Kernkraftwerk Obrigheim, bei dem seit Dezember 2004 das Genehmigungsverfahren für die Stilllegung läuft. Darüber hinaus wurden in Deutschland 34 Forschungsreaktoren endgültig abgeschaltet, wovon 24 bereits vollständig abgebaut wurden. Weiterhin wurden 11 Anlagen der Kernbrennstoffver- und -entsorgung endgültig abgeschaltet, wovon bereits sieben vollständig abgebaut wurden. Mehr Informationen über Stilllegungs-

projekte in Deutschland finden sich auf den Internet-Seiten des Bfs unter www.bfs.de/kerntechnik/stillegung.

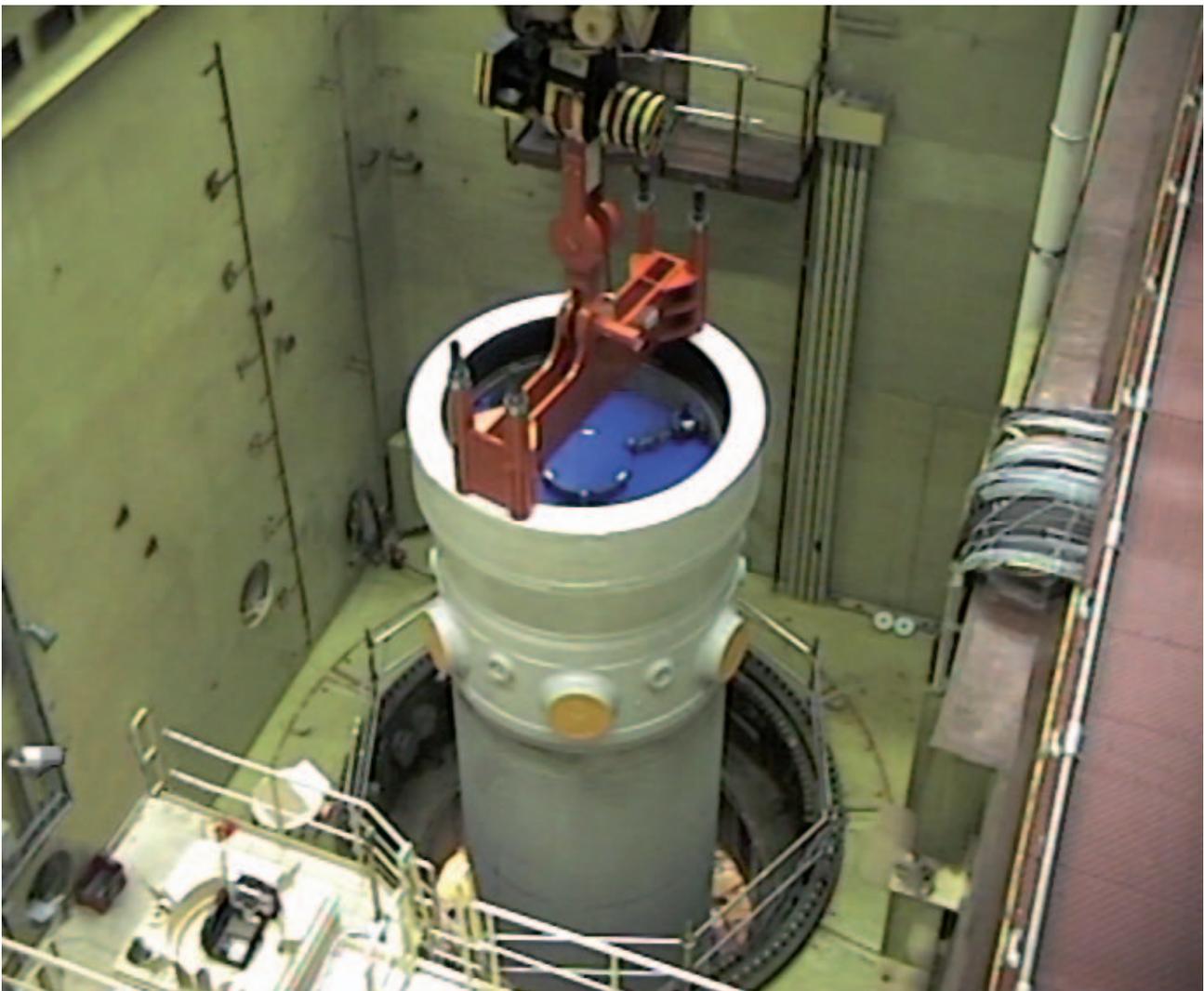
Zu den Kernaufgaben des Bfs auf dem Gebiet der Stilllegung kerntechnischer Anlagen zählen:

- Fachliche Unterstützung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) bei der Bundesaufsicht über den Vollzug des Atom- und Strahlenschutzrechts durch die Bundesländer sowie bei regulatorischen Aktivitäten.
- Bereitstellung einer Datenbank Stilllegung (STAN) über Antrags- und Genehmigungsunterlagen von stillgelegten kerntechnischen Anlagen.
- Erstellung von Berichten, Datenblättern und Tabellen über in Stilllegung befindliche kerntechnische Anlagen.

Bei der Stilllegung von kerntechnischen Anlagen sind eine Reihe von Themenfeldern relevant, die im Bfs in verschiedenen Fachgebieten und Fachbereichen bearbeitet werden. Hierzu zählen radioaktive Abfälle, Transporte, Zwischenlagerung, Radioökologie sowie Strahlenschutzregister. Diese Themenfelder und die dafür im Bfs

vorhandenen Kompetenzen werden in Zukunft noch enger miteinander verknüpft werden. Derzeit findet hier ein Kompetenzaufbau statt.

Auf nationaler Ebene fallen aktuell insbesondere die Themenfelder „Freigabe von radioaktiven Stoffen“ sowie „Lagerung radioaktiver Stoffe“ u. a. in die Zuständigkeit des Bfs. Änderungen bei der Freigabe von radioaktiven Stoffen aus stillgelegten Anlagen können auch zu Änderungen beim prognostizierten endzulagernden Abfallaufkommen führen, was für die Planung eines Endlagers für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (Schachanlage KONRAD) von Bedeutung ist. Weiter wurden für die in Stilllegung befindlichen Kernkraftwerke in Greifswald und in Rheinsberg im Jahr 2007 die Genehmigungen für die Komplettmontage von unzerlegten Reaktordruckbehältern (RDB) und deren Transport in das Zwischenlager Nord (ZLN) in Lubmin erteilt. Neben den Vorteilen im Stilllegungsablauf wird durch die Zwischenlagerung ein Abklingen der Radioaktivität durch radioaktiven Zerfall erreicht, so dass die nachfolgende Zerlegung der Reaktordruckbehälter mit weniger Strahlenexposition für die Arbeiter verbunden ist. Nach der Bereitstellung eines Endlagers



Im Oktober 2007 wurde der Reaktordruckbehälter des stillgelegten Kernkraftwerks in Rheinsberg aus seiner Position herausgehoben und mit der Eisenbahn in das Zwischenlager Nord in Lubmin transportiert (Quelle: EWN)

wird dann entschieden, ob die zerlegten Komponenten aus der atomrechtlichen Überwachung entlassen werden können (Freigabe) oder ob sie als radioaktiver Abfall in das Endlager verbracht werden müssen.

Auf internationaler Ebene engagiert sich das BfS bei der Working Party on Decommissioning and Dismantling (WPDD) der Organisation für wirtschaftliche Zusam-

menarbeit und Entwicklung (OECD), einem Fachgremium zu Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Weiterhin wird das BfS das BMU bei der Umsetzung so genannter Referenzniveaus der Western European Nuclear Regulator's Association (WENRA) – eines Zusammenschlusses der Leiter der westeuropäischen staatlichen Regulierungsbehörden – im Bereich Stilllegung fachlich unterstützen.

WEITERE ARBEITSSCHWERPUNKTE DES BfS

Further Topical Working Areas of BfS

DER POLONIUM-210-ZWISCHENFALL IN HAMBURG (2006): VERTIEFTE ANALYSE

The Polonium-210 Incident in Hamburg in 2006: A Deepened Analysis

FOLGERUNGEN AUS DEM POLONIUM-210-ZWISCHENFALL IN HAMBURG FÜR DIE RADIOLOGISCHE NOTFALLVORSORGE

Conclusions from the Polonium-210 Incident in Hamburg for the Defence Against Nuclear Hazards

Ansprechpartner:

Michael Hoffmann (030 18333-4130)

Police enquiries after the alleged poisoning of Alexander Litvinenko with Po-210 in November 2006 in London have led to the discovery of traces of this radioisotope in Hamburg. Experts from the Federal Office for Radiation Protection were involved in the successful completion of the radiological surveys. During the investigation of the Central Support Unit of the German Federal Government (ZUB) it became apparent that there was a need for adjusting incorporation dosimetry to the defence against radiological hazards. Therefore the Federal Office for Radiation Protection conducted surveys of the topics determination of the body dose, biological dosimetry and medical evaluation of incorporations.

Am 1. November 2006 wurde der Exilrusse Alexander Litvinenko in London bei einem Treffen mit dem hochgiftigen Radioisotop Polonium-210 (Po-210) vergiftet. Bei den britischen Ermittlungen zu diesem Fall stellte sich heraus, dass der bei dem fraglichen Treffen anwesende Herr K. vorher an verschiedenen Orten in Hamburg gewesen war.

An den daraufhin von der Hamburger Polizei durchgeführten Untersuchungen waren Mitarbeiter des BfS im Rahmen der Zentralen Unterstützungsgruppe des Bundes für gravierende Fälle der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr (ZUB) beteiligt. An einigen Aufenthaltsorten von Herrn K. wurden durch Mitarbeiter des BfS erfolgreich Spuren von Po-210 nachgewiesen. Zur Abschätzung des Gesundheitsrisikos wurden einige Personen daraufhin untersucht, ob sie Po-210 in den Körper aufgenommen (inkorporiert) hatten.

Im Laufe dieser Untersuchungen hat sich bei Analyse und Bewertung der Daten gezeigt, dass für die Inkorporationsdosimetrie im Rahmen der Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr (NGA) besonders angepasste Konzepte zur Bestimmung und Bewertung von Körperdosen notwendig sind.

Das Bundesamt für Strahlenschutz hat hierzu in drei Bereichen vertiefte Analysen erstellt:

- Ermittlung der Körperdosis,
- Biologische Dosimetrie,
- Medizinische Bewertung der Inkorporationen.

ERMITTLUNG DER KÖRPERDOSIS

Dose Assessment

Ansprechpartner:

Andreas Dalheimer (030 18333-4540)

Karl König (030 18333-2430)

Dietmar Noßke (030 18333-2330)

Radiation measurements in different homes in Hamburg confirmed the suspicion of Po-210 contaminations. Since incorporations by ingestion or inhalation could not generally be excluded, the BfS Coordinating Office on Incorporation Monitoring was requested to clarify this issue. The BfS office then coordinated the required excretion analyses of urine samples carried out at four officially appointed in-vitro laboratories for incorporation monitoring. The group of people to be examined included not only family members living in the contaminated homes but also emergency forces (police, German Red Cross, etc.), as well as potentially exposed members of the general public.

The dosimetric evaluation of the results of these examinations was based on standard assumptions and conducted by the coordinating office in Neuherberg. The internal radiation doses proved to be within the range of radiation doses due to natural sources.

Retrospectively it should be stressed that the collaboration and cooperation of all the institutions involved in the operation in Hamburg was extremely good despite their differing organisational structures. The regional distribution of officially appointed laboratories for incorporation monitoring has proven to be particularly sound. However, for these laboratories, the allocation of appropriate routine, or screening methods to determine radionuclides, and the allocation of sufficient analysis and measurement capacities should be reconsidered.

Various middle and long-term measures – on determining methods, R. & D. projects, competence sustainment, international cooperation – have since then been taken by the BfS Coordinating Office on Incorporation Monitoring as a result of the incident in Hamburg.

Einleitung

Die Strahlenmessungen in verschiedenen Wohnungen im Dezember 2006 in Hamburg bestätigten den Verdacht auf Po-210-Kontaminationen. Da bei den dort wohnenden Personen Inkorporationen, das heißt die Aufnahme von radioaktiven Stoffen durch Ingestion (über den Mund) oder Inhalation (durch Einatmen), nicht ausgeschlossen werden konnten, wurde die Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS zur Klärung dieser Frage eingeschaltet. Sie war in der Folge für die Koordinierung (Logistik) der ausscheidungsanalytischen Untersuchungen von Urinproben auf Po-210

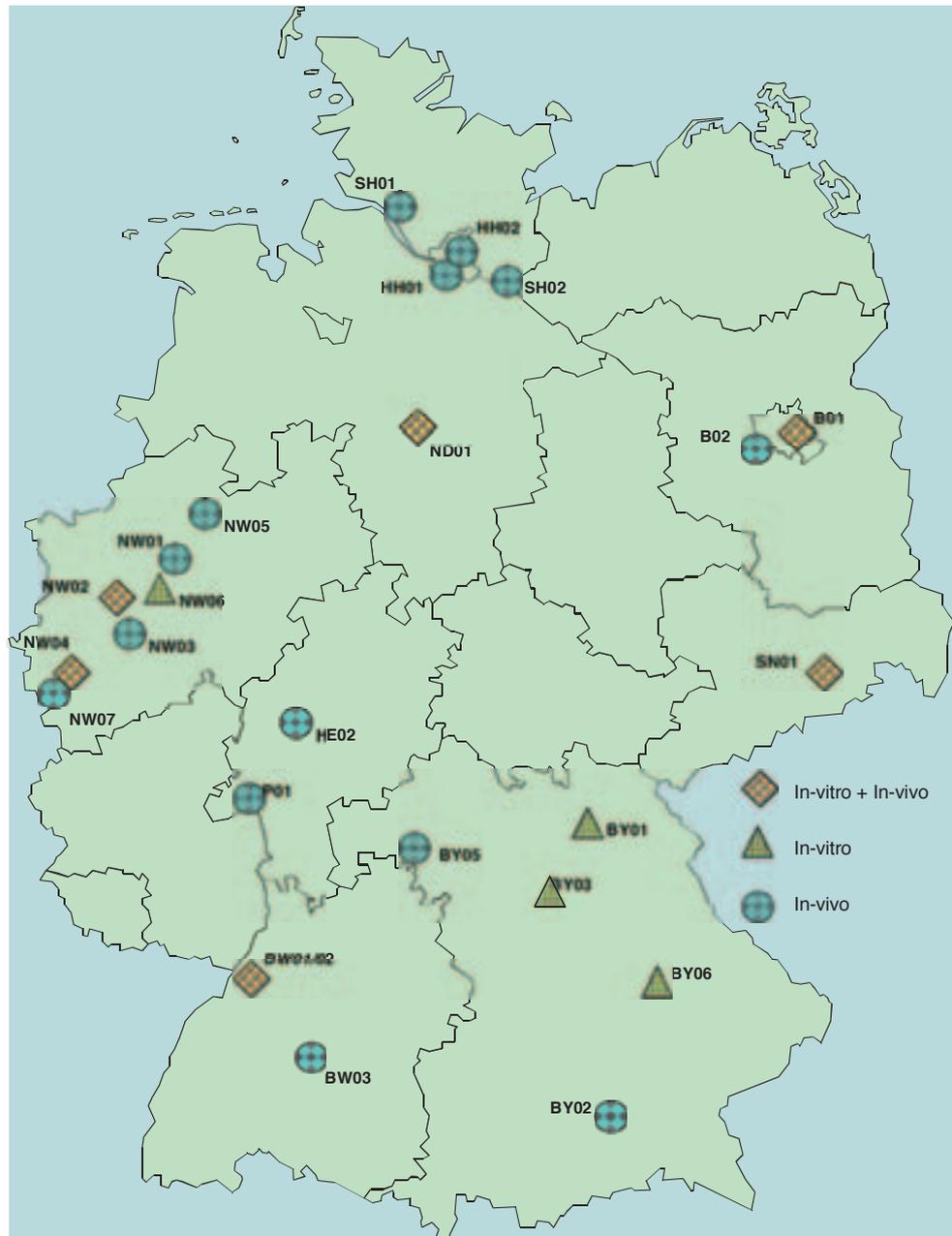
bei den verschiedenen behördlich bestimmten Messstellen sowie für die dosimetrische Bewertung der Analysen- und Messergebnisse verantwortlich.

Logistik der Urinproben

Da bei dem betroffenen Personenkreis (Familie, Polizei, Bevölkerung) Inkorporationen nicht ausgeschlossen werden konnten, wurde die Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS zur Unterstützung der Zentralen Unterstützungsgruppe des Bundes für gravierende Fälle der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr (ZUB) eingeschaltet. Dabei hatte die Leitstelle im Wesentlichen kurzfristig die folgenden Aufgaben zu bewältigen:

- Alarmierung von behördlich bestimmten Messstellen, die kurzfristig in der Lage waren, das Radionuklid Po-210 im Urin (also ausscheidungsanalytisch) zu bestimmen. Dabei handelt es sich um qualifizierte Messstellen, die normalerweise für die Überwachung von Personen zuständig sind, die beruflich mit radioaktiven Stoffen umgehen.
- Auslotung der jeweils bei den Messstellen vorhandenen Analyse- und Messkapazitäten zur Bestimmung des Po-210, da die Anzahl der zu erwartenden Ausscheidungsproben zunächst noch nicht eingegrenzt werden konnte.
- Koordinierung der Verteilung der von der ZUB bzw. vom Regionalen Strahlenschutzzentrum in Hamburg an die Leitstelle in Berlin geschickten ausscheidungsanalytischen Verdachtsproben.
- Aufbau und Führung einer zentralen Urinproben-Datenbank.
- Dosimetrische Bewertung der von den Messstellen gelieferten ausscheidungsanalytischen Ergebnisse.

Die aus Hamburg angelieferten Urinproben wurden von der Leitstelle des BfS in Berlin überprüft und dann über einen Kurierdienst an die Messstellen weitergeleitet. Die dringend klärungsbedürftigen Ausscheidungs-



Behördlich bestimmte Messstellen in Deutschland

proben des Kleinkindes wurden direkt mit einem Hubschrauber aus Hamburg zu der Messstelle in Rosendorf geflogen.

Gemeinsam mit den beteiligten Messstellen wurde von der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS eine Anweisung für das Sammeln von 24-Stunden-Urinproben zur späteren Bestimmung des Po-210 verfasst (siehe Hinweisblatt S. 40) und den Einsatzkräften vor Ort (ZUB, Polizei) sowie dem Regionalen Strahlenschutzzentrum (RSZ) in Hamburg zur Verfügung gestellt. Der auf Po-210 zu überwachende Personenkreis umfasste neben den direkt betroffenen Familienangehörigen auch die am Einsatz beteiligten Personen (Polizei, DRK usw.) sowie eventuell betroffene Personen aus der Bevölkerung. Hierbei übernahm das RSZ in Hamburg eine Vorauswahl der zu untersuchenden Urinproben. Es wurden insgesamt 59 Ausscheidungsproben von Personen aus Hamburg und Umgebung genommen; davon konnte

nur eine Urinprobe nicht analysiert werden, da die Probenmenge zu gering war.

Bundesamt für Strahlenschutz
Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS

VKTA Rossendorf
Inkorporationsmessstelle
FZ Jülich
Inkorporationsmessstelle
FZ Karlsruhe
Toxikologisches Labor
LAFÄ Düsseldorf
Inkorporationsmessstelle

Hinweise zur Durchführung der Probenahme für Urinproben (Polonium)

- Für die Ausscheidungsanalytik zur Abschätzung der Dosis wird bei Inkorporation von Alphastrahlern jeweils die gesamte Urinmenge eines Tages benötigt:
Das heißt, die Urinproben müssen **24 Stunden gesammelt** werden; die untere Grenze für ein plausibles Messergebnis sind 500 ml Urin!
- Bitte darauf achten, dass es bei der Probensammlung zu **keiner äußeren Kontamination der Urinprobe** kommen kann. Die Probe sollte also außerhalb von Bereichen gesammelt werden, in denen die Gefahr einer Verunreinigung durch z.B. luftgetragene Radioaktivität (Aerosole, Staub usw.) besteht.
- Für die Sammlung sollten nach Möglichkeit **2L-Weithals-Polyethylen-Flaschen** verwendet werden, in die der Urin von jeweils 24 Std. direkt gesammelt werden soll. Zur Sammlung keine Glasgefäße verwenden!
- Auf jeder Fall muss der **Name des Betroffenen** und der **Sammelzeitraum** bzw. das Sammeldatum des Urins vermerkt werden:
z.B. Beginn Datum: 15.12.06 Uhrzeit 7.00
 Ende Datum: 16.12.06 Uhrzeit 8.00
- Weitere wichtige Informationen für die Messstelle sind:
Geschlecht (m/w) ?
Raucher (ja/nein) ?
- Für eine eindeutige Zuordnung ist eine korrekte und vollständige Beschriftung auf den Behältern äußerst wichtig; diesen fest verschließen.
- Für den **Transport der Urinprobe** müssen Maßnahmen gegen ein Auslaufen ergriffen werden, z.B. in der Form:
 - Flasche fest verschließen,
 - Flasche mit Zellstoff umgeben,
 - beides in Plastikbeutel packen,
 - komplette Probe in festes Transportbehältnis (Karton o.ä.) packen und darauf achten, dass nach Möglichkeit die Probe senkrecht steht und auch stehen bleibt.

Hinweisblatt für die Durchführung der Probenahme für Urinproben für die spätere Bestimmung des Po-210

Bestimmung von Po-210 in Urin

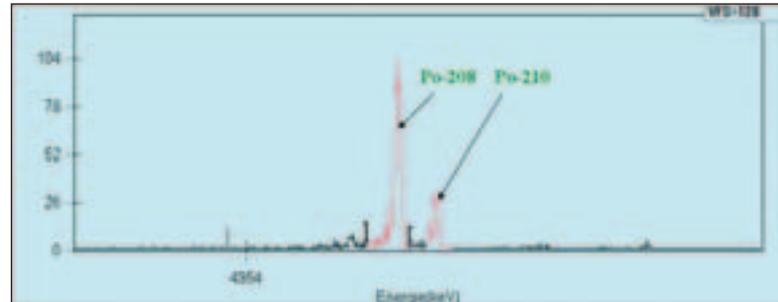
Die Analyse und Messung der Urinproben wurde an den vier von der Leitstelle alarmierten Messstellen vorgenommen. Der Zeitraum für die radiochemische Bestimmung des Po-210 im Urin betrug dabei jeweils insgesamt mindestens drei Tage. Zwei Tage werden für die radiochemische Probenvorbereitung und die radiochemische Abtrennung des Po-210 sowie ein Tag für die Messung benötigt. In der folgende Tabelle ist dieser Ablauf schematisch dargestellt. Die Messung des Po-210 erfolgt dann über die Alpha-Spektrometrie. Die Abbildung rechts oben zeigt ein gemessenes Alpha-Spektrum, in dem Po-208 als Tracer (das ist ein der Probe zugegebener radioaktiver Stoff mit bekannter Aktivität zur Ermittlung der chemischen Ausbeute) verwendet wurde.

Probenvorbereitung			
Veraschung + Eisenträger +HCL			
+Po-208 Standard			
Radiochemische Trennung			
Hydroxidfällung			
Abrauchen und Lösen in 6M HCl			
Spontanabscheidung (6h,90°C) auf Silberplättchen			
Alpha-Spektrometrie			
Gesamtdauer der Analyse			
Zeitbedarf in Tagen	1	2	3

Zeitbedarf für die radiochemische Bestimmung von Po-210 in Urin [I. Schäfer, VKTA Rossendorf, 2007]

Bewertung der Analysen- und Messergebnisse

Die an das In-vitro-Labor der Leitstelle des BfS in Berlin übermittelten Untersuchungsergebnisse der Messstellen wurden nach Prüfung der korrekten Zuordnung zu Person und Urinprobe zur Bewertung an den Bereich Interne Dosimetrie der Leitstelle des BfS in Neuherberg weitergeleitet.



Alpha-Spektrum von Po-210, mit Po-208 als Tracer [I. Schäfer, VKTA Rossendorf, 2007]

Ausscheidungsrate in mBq/d			
Probanden	Mittelwert ¹	Medianwert ²	Schwankungsbereich ³
Bevölkerung	6,8	3,5	0,5 - 171

¹ Arithmetischer Mittelwert der einzelnen Ausscheidungsraten
² 50 % der Einzelwerte liegen ober- bzw. unterhalb des Medianwertes
³ Bereich der ermittelten Einzelwerte (kleinster und größter Wert)

Natürliche Ausscheidungsraten von Po-210 bei Personen ohne berufliche Strahlenexposition [I. Schäfer und G. Seitz, Bericht VKTA-83, Februar 2007]

Es zeigte sich, dass die von den vier behördlich bestimmten Messstellen ermittelten Aktivitätswerte im Bereich der natürlichen Ausscheidungsrate der Bevölkerung (nicht strahlenexponierte Personen) liegen; man spricht hier von Normalwerten. Dabei ist unter der natürlichen Ausscheidungsrate die Ausscheidung von natürlich vorkommenden Radionukliden aus dem Körper gemeint. Einzig in den Windeln des Kleinkindes wurden geringfügig höhere Aktivitätswerte festgestellt. Das von der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS initiierte und von VKTA Rossendorf durchgeführte UFOPLAN-Vorhaben „Ermittlung der Zufuhr von natürlichen Radionukliden der Uranzerfallsreihe (Th-230, Ra-226, Pb-210, Po-210) bei Personen aus der Bevölkerung, in belasteten Gebieten und Wohnungen und an NORM-Arbeitsplätzen durch Ausscheidungsanalyse“ lieferte in diesem Zusammenhang eine gute Datenbasis für die Bewertung der Analysen- und Messergebnisse (siehe auch Tabelle oben).

Aus den Messwerten wurden mit Standardannahmen Dosiswerte für die betreffenden Personen abgeschätzt. Dazu wurde angenommen, dass die Inkorporation durch Ingestion erfolgte, da sich gezeigt hatte, dass das Polonium so fest an den Gegenständen anhaftete, dass eine Inhalation nicht denkbar war. Außerdem wurde

konservativ angenommen, dass die Zufuhr zum frühestmöglichen Zeitpunkt stattfand. Verwendet wurden dabei die neuesten altersabhängigen biokinetischen und dosimetrischen Modelle der ICRP, die auch den derzeit gültigen deutschen Regelwerken zu Grunde liegen.

Die dosimetrische Bewertung der ermittelten Aktivitätskonzentrationen ergab, dass die daraus resultierenden Strahlenexpositionen im Bereich der natürlichen Strahlenexposition lagen.

Folgerungen aus dem Hamburger Fall

Die Zusammenarbeit und Kooperation mit den an dem Einsatz in Hamburg beteiligten Institutionen hat trotz unterschiedlicher Trägerschaften gut funktioniert. Außerdem hat sich die regionale Verteilung der behördlich bestimmten Messstellen (siehe Abbildung auf Seite 39) eindeutig bewährt. Diese gewährleistet

- kurze Transportwege im Falle einer radiologischen Notfallsituation für die zu messenden Personen (in-vivo) bzw. für die zu analysierenden Ausscheidungsproben (in-vitro) und damit eine schnelle Erreichbarkeit der Messstelle,
- die Verteilung der Analysen- und Messkapazitäten der Messstellen auf Grund ihrer unterschiedlichen Aufgaben- und Untersuchungsschwerpunkte und damit die Verfügbarkeit der vorhandenen Bestimmungsmethoden und
- die lokale Ansprechmöglichkeit für die Anwender radioaktiver Stoffe, für die Behörden sowie für die Bevölkerung.

Probleme könnten eventuell die unterschiedlichen Trägerschaften der gegebenenfalls zu beteiligenden Institutionen (behördlich bestimmte Messstellen – Länder, Regionale Strahlenschutzzentren – Berufsgenossenschaften, Kerntechnische Hilfsdienst GmbH – privater Träger, usw.) bereiten. Hier ist eine eindeutige Klärung notwendig, wie diese Institutionen bei radiologischen Notfallsituationen eingebunden werden können. Im Falle der Messstellen (und auch der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS) ist die Vorhaltung von geeigneten Routine- bzw. Schnellmethoden zur Bestimmung von Radionukliden sowie auch die Vorhaltung von ausreichenden Analysen- und Messkapazitäten zu prüfen.

Vorkehrungen für radiologische Notfallsituationen

Mittelfristig werden von der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS die folgenden Aufgaben im Rahmen des radiologischen Notfallschutzes bearbeitet:

- Festlegung einer Nuklidliste mit den für den radiologischen Notfallschutz relevanten Radionukliden.
- Ermittlung der bei den Messstellen (und bei der Leitstelle) vorhandenen Bestimmungsmethoden, aufgeschlüsselt nach Methoden, die in der Routine vorhanden sind bzw. vorgehalten werden müssen.
- Feststellung der noch fehlenden Bestimmungsmethoden von Radionukliden.

- Initiierung der entsprechenden Untersuchungsvorhaben.

Neben diesen Aufgaben beschäftigt sich die Leitstelle langfristig mit der Entwicklung eines Konzeptes für die Messstellen. Stichworte sind hier „Kompetenzerhalt, Forschungsaktivitäten und internationale Präsenz“. Weiterhin ist mit ersten Aktivitäten begonnen worden, die gegebenenfalls eine grenzüberschreitende Unterstützung von (und auch für) Institutionen aus den EU-Nachbarländern bei radiologischen Notfallsituationen möglich machen sollen.

BIOLOGISCHE DOSIMETRIE

Biological Dosimetry

Ansprechpartner/in:

Ulrike Kulka (030 18333-2210)

Horst Romm (030 18333-2214)

In case of a radiological accident the biological dosimetry provides additional and independent information, if physical dose determination is limited. The chromosomal analysis based on the frequency of dicentric chromosomes is internationally established as a method of dose estimation after unclear radiation exposure and in consequence, BfS is partner of an international biodosimetry network. During the polonium incidence in Hamburg chromosome analysis was performed in four persons, who were suspected of a polonium-210 incorporation. 500 cells per person were analysed and in no case an increased frequency of dicentric chromosomes was observed. Therefore, no indication of radiation exposure was shown by chromosome analysis. This result of the biological dosimetry is in accordance with the outcome of the biochemical analysis of urine for polonium-210 performed in parallel, since the lower detection limit for ionising radiation after whole-body exposure is about 100 mGy. The result was obtained within one week for all four persons surveyed.

Nach einem Strahlenunfall kann die Dosisermittlung auf verschiedenen Wegen erfolgen. Wenn kein Dosimeter getragen wurde und eine physikalische Dosisbestimmung nur eingeschränkt möglich ist, kann die biologische Dosimetrie die physikalische Dosimetrie ergänzen und zusätzliche, unabhängige Informationen liefern.

Durch Strahleneinwirkung kommt es in Zellen zu Chromosomenveränderungen, die quantitativ erfasst und einer Dosis zugeordnet werden können. Durch zwei Brüche in zwei Chromosomen können so nach einer Fehlreparatur aus zwei monozentrischen Chromosomen ein dizentrisches Chromosom mit einem begleitenden Fragment entstehen.

Die lichtmikroskopische Analyse dizentrischer Chromosomen in zirkulierenden Lymphozyten ist eine bewährte Methode im praktischen Strahlenschutz. Sie ist besonders geeignet, akute und kurze Zeit zurückliegende Strahlenbelastungen zu erfassen. Die Erfahrung mit der Methode hat gezeigt, dass anhand der Häufigkeit dizentrischer Chromosomen realistisch eine Dosis nach homogener Ganzkörperexposition abgeschätzt werden kann, die mit

den physikalisch gemessenen Dosen gut übereinstimmt. Inzwischen ist die Chromosomenanalyse international als Methode zur Dosisabschätzung bei unklarer Strahlenbelastung anerkannt.



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

Derzeit wird daran gearbeitet, diese Methode auch für einen großen Strahlenunfall zu etablieren. Da das Verfahren sehr zeit- und laborintensiv ist, werden Netzwerke gebildet, um die Laborkapazität zu erhöhen und parallel nach Alternativen gesucht, um das Verfahren zu beschleunigen und den Durchsatz zu erhöhen. In den letzten Jahren gab es mehrere technische Innovationen, wie die Motorisierung der Mikroskope und die digitale Bildfassung, die die Chromosomenanalyse effizienter und schneller machten. Im zytogenetischen Labor des BfS konnten in Untersuchungsvorhaben die Automatisierung der Metaphasenerkennung sowie die Entwicklung von Computerprogrammen zur interaktiven Chromosomenanalyse wesentlich vorangetrieben werden. Durch die erzielte Teilautomatisierung dieser Analyse wurde die aufwändige Auswertung erheblich beschleunigt und erleichtert. Für die manuelle Auswertung der Zellen ist aber noch immer ein geschulter Zytogenetiker unerlässlich, da bei der lichtmikroskopischen Analyse nur Zellen mit vollständigem Chromosomensatz in der ersten Zellteilung berücksichtigt werden.

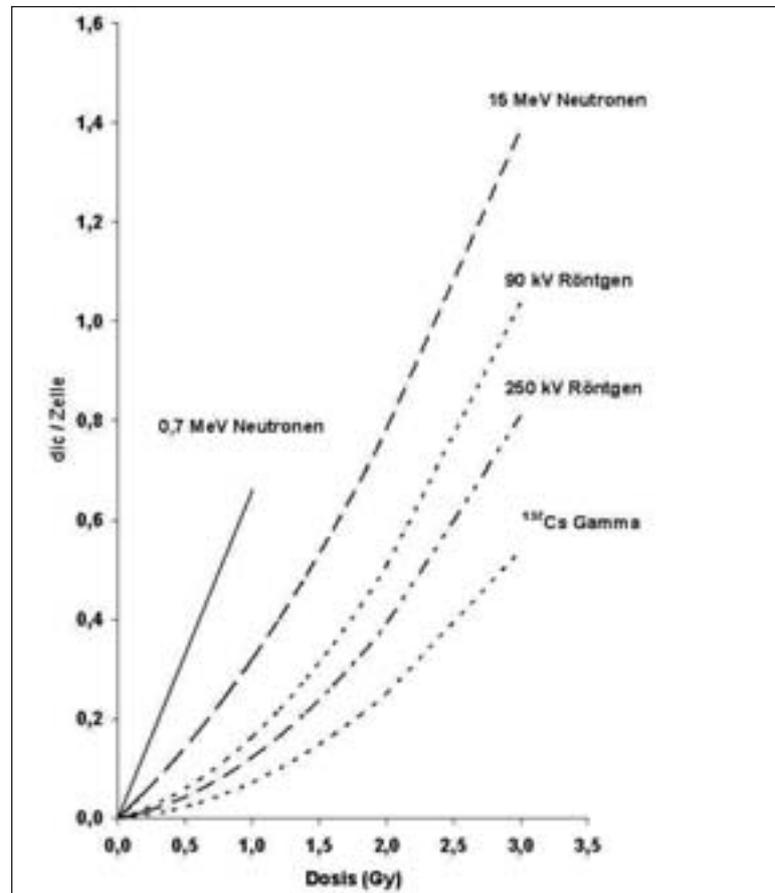
Bei einem kürzlich weltweit durchgeführten Ringversuch mit zytogenetischen Laboratorien aus den USA, Kanada und Japan, an dem das BfS beteiligt war, wurde bestrahltes Vollblut kodiert verschickt. Die Blutproben waren in einem Dosisbereich von 0,75 - 4,5 Gy mit Kobalt-Gammastrahlung exponiert. Es konnte gezeigt werden, dass alle Laboratorien „blind“ in der Lage waren, mit der Chromosomenanalyse die passende Dosis aus den kodierten Proben abzuschätzen.

Die Nachweisgrenze der Methode wird von der spontan vorkommenden Häufigkeit von dizentrischen Chromosomen bestimmt. Aus vielen Untersuchungen ist be-

kannt, dass das dizentrische Chromosom eine niedrige Spontanrate aufweist und charakteristisch für ionisierende Strahlung ist. Für eine zuverlässige Dosisabschätzung werden im BfS laboreigene Kontrolldaten von gesunden, nicht strahlenexponierten Personen und Kalibrierkurven für verschiedene Strahlenqualitäten eingesetzt. Die Kontrollgruppe besteht aus insgesamt 53 Personen im Alter von 20 bis 73 Jahren, das dizentrische Chromosom tritt hier im Mittel mit einer Häufigkeit von 1 in 1000 Lymphozyten auf. Ein alters- oder geschlechtsabhängiger Unterschied ist nicht zu erkennen. Es besteht somit die Möglichkeit, eine homogene Strahlenbelastung bereits ab 0,1 Gy Ganzkörperdosis nachzuweisen.

Die Kalibrierkurven werden nach In-Vitro-Bestrahlung von menschlichem Vollblut mit verschiedenen Strahlenqualitäten und unterschiedlicher Dosisleistung erstellt. Die sich ergebenden Dosis-Wirkungs-Beziehungen für dizentrische Chromosomen bilden die Grundlage für die Dosisabschätzung. Die Erfahrung mit der Methode hat gezeigt, dass jedes Labor seine eigenen Kurven erstellen sollte, um zu vergleichbaren Ergebnissen zu kommen. Eine Dosisabschätzung nach Inkorporation mit Nukliden ist komplexer, da Radionuklide wie Polonium-210 sich inhomogen im Körper verteilen. Durch eine Ausscheidungsanalyse (Urinprobe) kann hier die Menge an inkorporierten Radionukliden direkt gemessen und eine Folgedosis abgeschätzt werden.

Im Rahmen des Zwischenfalls in Hamburg wurden von insgesamt vier Personen, bei denen der Verdacht einer



Dosis-Wirkungs-Beziehungskurven von dizentrischen Chromosomen für verschiedene Strahlenqualitäten

Polonium-210-Inkorporation bestand, Chromosomenanalysen durchgeführt. Ziel der Untersuchung war die Klärung, ob eine Strahlenbelastung durch das Nuklid nachweisbar und quantifizierbar war. Die Blutproben wurden im Strahlenschutzzentrum Hamburg, abgenommen und an das Labor für biologische Dosimetrie im BfS (Neuherberg) geschickt. Dort erfolgte das Aufarbeiten der Blutproben und anschließend die Chromosomenanalyse, für die pro Person 500 Metaphasen ausgewertet wurden. Das Ergebnis lag nach insgesamt einer Woche für alle vier untersuchten Personen vor. In keinem Fall wurde eine erhöhte Rate an Chromosomenveränderungen beobachtet, dizentrische Chromosomen traten bei keinem einzigen der Probanden auf. Eine Strahlenbelastung konnte demzufolge durch die Chromosomenanalyse nicht nachgewiesen werden. Da die untere Nachweisgrenze für locker ionisierende Strahlung nach Ganzkörperexposition bei 100 mGy liegt, war das Ergebnis der biologischen Dosimetrie somit in Übereinstimmung mit dem Resultat der Ausscheidungsanalyse.

MEDIZINISCHE BEWERTUNG DER INKORPORATIONEN

Medical Evaluation of Incorporation

Ansprechpartner:

Jürgen Griebel (030 18333-2320)

In parallel to the activities of the BfS task force „Defence Against Nuclear Hazards“ and the BfS Coordinating Office on Incorporation Monitoring“ the BfS task force „Medical Evaluation of Incorporation“ was – ad hoc – initiated, to provide medical support to the local authorities in Hamburg. The task force developed, implemented and tested a standard operating procedure (SOP) for the medical evaluation with clearly defined, dose-dependent action levels, and an automatic reporting system, both being especially adjusted to the requirements resulting from the incident in Hamburg. Furthermore, the task force was responsible for the delivery of medical reports to the local authorities in Hamburg.

Nach der Aktivitätsbestimmung im Urin und der daraus abgeleiteten Dosimetrie stand die Aufgabe der Risikobewertung im Vordergrund. In Anbetracht der zu erwartenden großen Anzahl von Urinproben wurde dazu – innerhalb weniger Tage – ein standardisiertes Bewertungsverfahren mit klar definierten, dosisabhängigen Interventionsschwellen und einer automatisierten Befunderstellung erarbeitet, implementiert und getestet. Details sind im Infokasten auf Seite 44 zusammengefasst.

Durch die dargestellten Maßnahmen war es – auch über die Weihnachts- und Neujahrsfeiertage hinweg – möglich, kurzfristig für jede eingegangene Urinprobe eine Risikobewertung sowie einen entsprechenden Befundbericht zu erstellen. Es wurden insgesamt 58 derartige Befundberichte an die zuständige Behörde in Hamburg versandt. Darüber hinaus wurde sichergestellt, dass zu jedem Zeitpunkt ein Arzt des BfS für weitere medizini-

sche Rückfragen zur Verfügung stand. Erfreulicherweise konnten alle Urinproben in die unterste Kategorie (Fallgruppe II/Klasse 1, s. Infokasten nächste Seite) eingeordnet werden. Mit Ausnahme eines Kindes, bei dem eine geringfügige Inkorporation mit Polonium-210 – mit einer resultierenden effektiven Dosis von etwa 1 mSv – nicht ausgeschlossen werden konnte, konnte in allen anderen Fällen eine Inkorporation weitgehend ausgeschlossen werden. Die gefundenen Aktivitäten lagen im Normbereich und die effektiven Dosen weit unter 0,1 mSv.

Nach Überwindung der ersten Anlaufschwierigkeiten – insbesondere hinsichtlich der Kommunikation zwischen dem BfS und den zuständigen Behörden in Hamburg – ist zusammenfassend eine insgesamt positive Bilanz zu ziehen. Eine wichtige Erkenntnis aus der Analyse des Zwischenfalls in Hamburg ist, dass eine frühzeitige Integration des medizinischen Sachverständs in die Ablauf- und Entscheidungsketten innerhalb des BfS sowie der beteiligten Organisationsstrukturen notwendig ist.

Deterministische Strahlenwirkungen sind Strahlenwirkungen, die auf der Zerstörung von Zellen beruhen. Sie machen sich klinisch aber erst bemerkbar, wenn ein bestimmtes Maß zerstörter oder geschädigter Zellen überschritten wird. Daher tritt diese Art von Schäden erst oberhalb einer Mindestdosis – dem Schwellenwert – auf. Für verschiedene deterministische Strahlenwirkungen wie Hautrötung, Haarausfall etc. sind die jeweiligen Schwellendosen unterschiedlich. Je höher die Strahlungsdosis ist, desto schwerer wird die Erkrankung sein.

Stochastische Strahlenwirkungen sind Strahlenwirkungen, die auf der Schädigung des Erbmaterials in der Zelle beruhen. Wurde durch Strahleneinwirkung im Zellkern der Informationsgehalt einer Zelle verändert und anschließend vom Organismus nicht ausreichend repariert, so bleibt eine derart veränderte Zelle lebens- und teilungsfähig und kann die Veränderung an nachfolgende Zellgenerationen weitergeben.

Stochastische Strahlenwirkungen treten in Abhängigkeit von der Dosis mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit auf. Die Latenzzeit, d. h. die Zeit zwischen Strahlenexposition und Auftreten der Erkrankung, kann mehrere Jahre bis Jahrzehnte betragen. Je nachdem, ob es sich um eine Keimzelle oder eine Körperzelle handelt, kann es sich um eine Veränderung der Erbanlagen mit möglichen gesundheitlichen Folgen für nachkommende Generationen handeln oder es können bösartige Neubildungen wie Krebs und Leukämie in der strahlenexponierten Person selbst entstehen.

BEWERTUNG DETERMINISTISCHER UND STOCHASTISCHER STRAHLENWIRKUNGEN

Als **Bewertungsparameter** zur Abschätzung deterministischer Strahlenwirkungen wird – wie in der Strahlentherapie üblich – die Toleranzdosis TD 5/5 herangezogen. Oberhalb dieser Toleranzdosis ist zu erwarten, dass in mindestens 5 % der Fälle – innerhalb von 5 Jahren – eine gravierende Strahlenwirkung wie z. B. die Ausbildung von Geschwüren (Ulzerationen) der Haut auftritt.

Die **Fallgruppe I** liegt vor, wenn mindestens ein Organ existiert, für das eine schwerwiegende deterministische Schädigung nicht ausgeschlossen werden kann. Das Bewertungsverfahren geht – unter Berücksichtigung der unvermeidlichen Fehler bei der Dosisabschätzung – von der Annahme aus, dass für eine Organ-Äquivalent-Dosis oberhalb eines Zehntels der TD 5/5 eine schwerwiegende deterministische Schädigung nicht ausgeschlossen werden kann. Zur individuellen Abklärung und ggf. Behandlung deterministischer Schäden sowie zur individuellen Abschätzung stochastischer Risiken ist es notwendig, die betroffene Person im Regionalen Strahlenschutz-Zentrum (RSZ) vorzustellen. Weiterhin wird eine Blutentnahme zur biologischen Dosimetrie empfohlen.

In der **Fallgruppe II** sind alle betroffenen Personen zusammengefasst, bei denen eine deterministische Schädigung nicht zu erwarten ist, da die Organ-Äquivalent-Dosis für alle Organe unterhalb eines Zehntels der TD 5/5 liegt. In diesem Fall wird die Bewertung durch die möglichen stochastischen Risiken bestimmt. Dazu werden – in Abhängigkeit von der effektiven Dosis, E – drei Klassen unterschieden:

Klasse 1:	$E < 10 \text{ mSv}$
Klasse 2:	$10 \text{ mSv} \leq E < 50 \text{ mSv}$
Klasse 3:	$50 \text{ mSv} \leq E$

In Klasse 1 liegt die zusätzliche Strahlenexposition im Bereich der Variation der natürlichen Strahlenexposition. Die resultierenden stochastischen Risiken sind – im Vergleich zum Risiko, bis zum Lebensende spontan an Krebs zu erkranken (spontanes Lebenszeitrisko) – vernachlässigbar oder sehr gering. In Klasse 2 liegt die zusätzliche Strahlenexposition im Bereich der Strahlenexposition durch die radiologische Diagnostik. Die stochastischen Risiken sind – im Vergleich zum spontanen Krebs-Lebenszeitrisko – gering, aber mit der betroffenen Person zu besprechen. In Klasse 3 sind stochastische Risiken nicht zu vernachlässigen und ausführlich mit der betroffenen Person zu diskutieren. Zur individuellen Abschätzung der stochastischen Risiken ist vorgesehen, die betroffene Person im RSZ vorzustellen. Weiterhin wird eine Blutentnahme zur biologischen Dosimetrie vorgeschlagen.

Bei **Kindern im Alter unter 14 Jahren** ist bei einer effektiven Dosis größer 10 mSv in jedem Fall eine individuelle Abklärung und ggf. Behandlung im RSZ erforderlich.

DAS BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ ALS PARTNER DER WELTGESUNDHEITSORGANISATION

BfS as Partner of the World Health Organisation

Since 2006 BfS has had the status of a WHO Collaborating Centre in the field of non-ionising radiation and ionising radiation with specific emphasis on radon. BfS and WHO work together and join forces to support activities of mutual interest. Specific topics are the development of basic documents on the assessment and management of risks in the above-mentioned areas.

Seit 2006 ist das BfS WHO Collaborating Centre für die Bereiche „Nichtionisierende Strahlung“ sowie „Ionisierende Strahlung“ (Schwerpunkt Radon). WHO und BfS unterstützen sich gegenseitig auf den genannten Arbeitsfeldern. Ziel der Zusammenarbeit ist insbesondere die Zusammenstellung der neuesten Daten und Forschungsergebnisse und eine gemeinsame Bewertung der gesundheitlichen Risiken. Von der Risikobewertung ausgehend werden Handlungsoptionen erarbeitet, die Regierungen, Fachbehörden, Arbeitgebern und der Bevölkerung Wege aufzeigen, wie mit den genannten Risiken bestmöglich umgegangen werden kann.

AKTUALISIERTE RISIKOBEWERTUNG VON NIEDERFREQUENTEN FELDERN

Updated Risk Assessment of Exposure to Extremely Low Frequency Fields

Ansprechpartner:

Rüdiger Matthes (030 18333-2140)

The Environmental Health Criteria (EHC) monograph N° 238 published by WHO in June 2007 addresses the possible health effects of exposure to extremely low frequency electric and magnetic fields. Its main objectives are to review the scientific literature and to use the health risk assessment in order to develop recommendations to national authorities on health protection programmes.

The corresponding Fact Sheet N° 322 recommends the adoption of international exposure guidelines by policy makers. Regarding long-term effects, given the weakness of the evidence for a causal link between exposure to low-level magnetic fields and childhood leukaemia, WHO recommends that (i) government and industry should monitor science and promote research programmes, (ii) effective and open communication programmes with all stakeholders should be established and (iii) low-cost ways of reducing exposures should be explored when constructing new facilities and designing new equipment.

Neue wissenschaftliche Befunde und die sich stetig verändernde Belastung der Bevölkerung durch nichtionisierende Strahlung machen es erforderlich, dass die Bewertung möglicher gesundheitlicher Risiken regelmäßig aktualisiert wird. Dabei arbeitet das BfS als anerkanntes Kooperationszentrum eng mit der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zusammen. Im Rahmen des

internationalen EMF-Projektes der WHO (elektromagnetische Felder) erfolgt die Neubewertung der elektromagnetischen Felder in Form von umfangreichen Umweltkriteriendokumenten (Environmental Health Criteria – EHC). Nach der Publikation des EHC-Dokuments zu statischen Feldern in 2005, wurde 2007 das EHC-Dokument zu niederfrequenten Feldern (0 - 100 kHz) veröffentlicht.

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder treten überall dort auf, wo elektrische Energie erzeugt, transportiert oder angewendet wird. Die geometrischen Mittelwerte der in Wohnungen auftretenden Feldstärken sind niedrig und sind geringen Schwankungen unterworfen (25 - 70 nT (Nanotesla) in Europa). Seit der flächendeckenden Versorgung mit elektrischer Energie wurde wiederholt überprüft, ob diese Felder möglicherweise Gesundheitsrisiken bergen. Tierexperimentelle Studien und die Suche nach Wirkmechanismen bei relativ schwachen Feldstärken konnten bei vielen untersuchten biologischen Endpunkten und Krankheitsmustern keine gesundheitsrelevanten Wirkungen feststellen. Jedoch zeigen epidemiologische Beobachtungen einen Zusammenhang von kindlicher Leukämie und einer zeitlich gemittelten Magnetfeldexposition der Kinder im Bereich $>0,3 - 0,4 \mu\text{T}$. Deshalb wurden bereits 2002 niederfrequente Felder von der mit der WHO assoziierten International Agency for Research on Cancer (IARC) als Klasse 2B "möglicherweise kanzerogen" eingestuft.

Die seither durchgeführten epidemiologischen Studien kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Parallel dazu initiierte experimentelle Studien konnten ein krebsauslösendes oder krebsförderndes Potenzial von Magnetfeldern allerdings bis heute nicht bestätigen. Die aktuellen Studienergebnisse wurden im Juni 2007 in dem umfassenden EHC-Dokument zusammengefasst und bewertet. Auf dieser aktuellen Risikobewertung aufbauend hat die WHO auch eine Stellungnahme (Fact Sheet) veröffentlicht, in dem die wesentlichen Aussagen, aber auch Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise dargelegt werden:

- Die neuen epidemiologischen Studien geben keinen Anlass, die Einschätzung zu ändern, dass Magnetfelder "möglicherweise kanzerogen" sind. Allerdings ist die Aussagekraft der epidemiologischen Studien durch methodische Probleme eingeschränkt (Grund: mögliche selektive Auswahl von Probanden), die epidemiologischen Beobachtungen werden durch Studien am Tiermodell nicht weiter unterstützt und der zugrunde liegende Wirkmechanismus ist unbekannt.
- Kindliche Leukämie ist bezogen auf die Weltbevölkerung eine relativ seltene Krankheit (weltweit etwa 49.000 neue Fälle pro Jahr; in Deutschland in der Altersgruppe 0 - 14 Jahre etwa 620 neue Fälle pro

Jahr). Ebenfalls selten ist die zeitlich gemittelte häusliche Magnetfeldexposition über 0,3 µT (nur etwa 1 bis 4 % der Kinder sind über 0,3 µT exponiert).

Wäre der beobachtete statistische Zusammenhang kausal, dann könnten weltweit zwischen 100 und 2.400 Fälle pro Jahr auf erhöhte Magnetfeldexpositionen zurückgeführt werden. Bezogen auf Deutschland und die Vor-Ort-Messungen bei Fall-Kontroll-Studien wäre im Falle eines Kausalzusammenhangs etwa 1 % der kindlichen Leukämiefälle auf eine über den Tag gemittelte Magnetfeldexposition von etwa 0,3 bis 0,4 µT zurückzuführen.

- Studien an anderen Phänomenen wie Krebs bei Erwachsenen, Depression und Selbstmord, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Entwicklungsstörungen, immunologische Veränderungen, Verhaltensänderungen etc. zeigen keine Beeinflussungen durch Magnetfelder.

Aus diesen Fakten zieht die WHO folgende Schlüsse:

- Um akute und gut untersuchte gesundheitsrelevante Wirkungen von Magnetfeldern zu vermeiden, sollten die Länder die auf internationaler Ebene erarbeiteten Grenzwertempfehlungen (ICNIRP 1998) einführen. Dies ist in Deutschland durch die 26. BImSchV bereits erfolgt.
- Bei Langzeitwirkungen wird die Wahrscheinlichkeit eines Kausalzusammenhangs zwischen kindlicher Leukämie und Magnetfeldexposition als gering angesehen. Daher empfiehlt die WHO:
 - Regierungen und die Industrie sollten die Forschung beobachten und Forschungsprogramme initiieren mit dem Ziel, die wissenschaftlichen Unsicherheiten zu reduzieren.
 - Die Kommunikation mit allen zu Beteiligten (Stakeholdern) ist zu forcieren. Das betrifft auch die Koordination und Konsultation zwischen der Industrie, den örtlichen Behörden sowie den Bürgerinnen und Bürgern bereits in der Planungsphase für neue Anlagen zur elektrischen Energieversorgung.
 - Im Rahmen der Planung neuer Hochspannungsleitungen, Umspannwerke etc., aber auch neuer Geräte, sind Wege der Expositionsreduzierung zu beschreiten. Angemessene Maßnahmen zur Expositionsminimierung können von Land zu Land verschieden ausfallen. Willkürlich gesetzte niedrigere Expositionsgrenzwerte werden als nicht gerechtfertigt angesehen.

Die WHO-Empfehlungen zum vorsorglichen Gesundheitsschutz werden vom BfS mitgetragen. Vor diesem Hintergrund plant das BfS, vor allem die Forschung zur Klärung der Datenlage zu intensivieren und die Kommunikation in diesem Bereich zu verstärken. Es wird empfohlen, Maßnahmen zur Expositionsminimierung im Sinne der WHO-Empfehlung bei Planung und Neu-

bau entsprechender Anlagen sowie bei Geräteentwicklungen aber auch im privaten Bereich zu berücksichtigen. Hierzu wurde ein entsprechender Maßnahmenkatalog entwickelt und im Internet veröffentlicht (<http://www.bfs.de/de/elektro/nff/recht.html>).

Die Verringerung der persönlichen Belastung kann meist durch einfache Verhaltensmaßnahmen erreicht werden:

- Zu den Feldquellen sollte ein möglichst großer Abstand eingehalten werden, d. h. es ist ratsam, netzbetriebene Babyphone und Radiowecker so weit wie möglich vom Bett entfernt zu platzieren.
- Die Dauer der Bestrahlung sollte so gering wie möglich gehalten werden. Das erreicht man schon, indem man Geräte, die nicht benötigt werden, vollständig ausschaltet und Fernsehgeräte und Stereoanlagen nicht im „Standby“-Modus belässt.

INTERNATIONALES RADON-Projekt DER WHO - RISIKOBEWERTUNG UND -KOMMUNIKATION, RADONMESSUNG UND -SANIERUNG

WHO International Radon Project – Risk Assessment and Communication, Measurement of Exposure to Radon and Mitigation

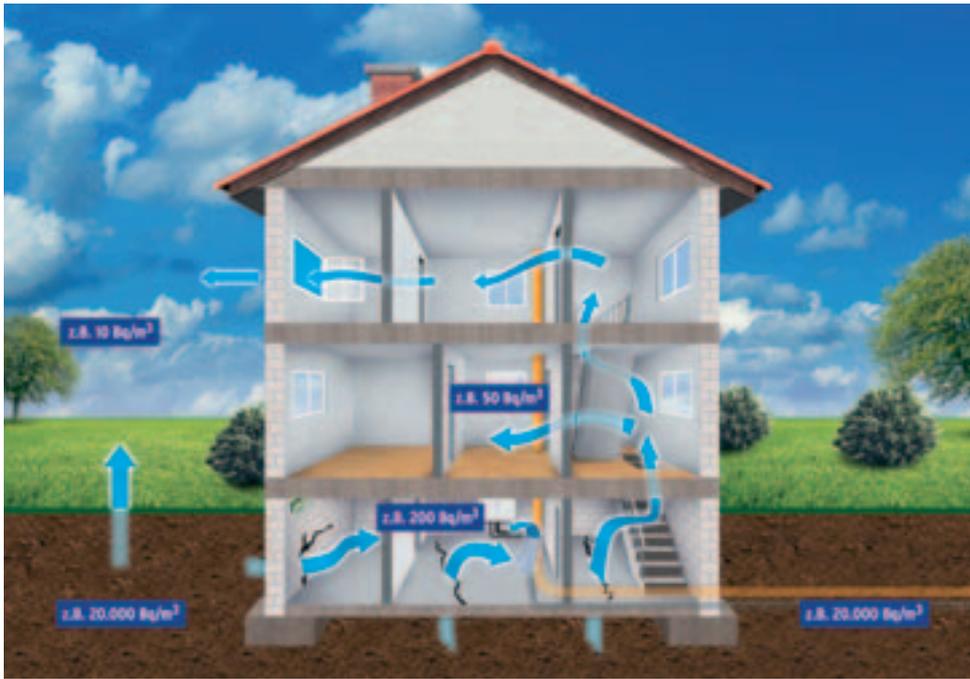
Ansprechpartnerin:

Michaela Kreuzer (030 18333-2250)

Within the WHO International Radon Project BfS supported the WHO activities by co-sponsoring two WHO workshops in Munich and Bonn in 2007. The goal of the Radon Project is to develop a WHO Radon Handbook and to give an assessment of the global burden of diseases from radon exposure. It is planned to publish both documents in 2008.

Weltweit werden pro Jahr Zehntausende von Lungenkrebstodesfällen durch Radon in Wohnungen oder am Arbeitsplatz verursacht. Um diese Zahl zu reduzieren, hat die Weltgesundheitsorganisation Anfang 2005 das WHO International Radon Project initiiert. Ein Netzwerk von Partnerinstitutionen aus mehr als 40 Mitgliedsstaaten, darunter das BfS in Deutschland, sind an dem Projekt beteiligt. Das BfS unterstützt das WHO-IRP-Projekt in vielfältiger Weise. So organisierte das BfS im Jahr 2007 die letzten beiden Arbeitstreffen des Projekts in München und Bonn. Über diese wird hier kurz berichtet.

- Das dritte und vorerst letzte Arbeitstreffen aller Mitglieder des WHO-IRP fand vom 13. - 15.03.2007 in München statt und wurde vom Parlamentarischen Staatssekretär im Bundesumweltministerium, Michael Müller, eröffnet. Ungefähr 70 Teilnehmer aus mehr als 30 Nationen nahmen an dem Treffen teil. Ziel des WHO-Projekts ist es, ein WHO-Handbuch für Radon sowie einen Bericht zur Abschätzung der welt-



Eintrittspfade des Radons in Gebäude

wert versteht man dabei die Radonkonzentration, oberhalb derer eine Sanierung zur Senkung der Radonkonzentration empfohlen bzw. gefordert wird. Messungen und ggf. Sanierungsmaßnahmen können dabei auch unterhalb dieser Referenzwerte sinnvoll sein. Die WHO empfiehlt einen Referenzwert zwischen 100 und 400 Bq/m³ auszuwählen. Dies ist in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Bundesumweltministeriums und des BfS für Deutschland, die einen Referenzwert von 100 Bq/m³ vorsehen, der, soweit möglich, unterschritten werden sollte.

weiten Gesundheitsauswirkungen von Radon zu erstellen. Das Treffen diente der Abstimmung dieser Berichte. Anlässlich des WHO-Treffens im März wurde vom BfS eine neue Broschüre zum Thema Radon in Wohnungen erstellt und der Öffentlichkeit vorgestellt (http://www.bfs.de/de/bfs/druck/strahlenthemmen/STTH_Radon.html).

- Vom 3.-7. Dezember 2007 fand das Abschluss-Redaktionstreffen für das WHO-Radon-Handbuch in Bonn mit ca. 17 Wissenschaftlern statt. Das WHO-Handbuch Radon soll voraussichtlich im Herbst 2008 veröffentlicht werden. Es beinhaltet sechs inhaltliche Schwerpunkte:

Risikobewertung

Es ist wissenschaftlich nachgewiesen, dass Radon in Wohnungen Lungenkrebs verursacht. Das Lungenkrebsrisiko nimmt dabei proportional mit zunehmender langzeitiger Radonkonzentration in der Wohnung zu. Es gibt keinen Hinweis auf einen Schwellenwert, unterhalb dessen keine Gesundheitsgefährdung auftritt. In Kombination verstärken sich die Risikofaktoren Radon und Rauchen wechselseitig. Neuere Abschätzungen für Deutschland zeigen, dass ca. 2.000 Lungenkrebssterbefälle pro Jahr auf erhöhte Radonkonzentrationen zurückzuführen sind.

Rahmenbedingungen für nationale Radonprogramme

Dieses Kapitel gibt Richtlinien zur Entwicklung von nationalen Radonprogrammen. Dies umfasst neben Radonmess- und Sanierungsprogrammen die Definition eines geeigneten Radon-Referenzwerts. Unter einem Referenz-

Kosten-Nutzen-Bewertung

Vor Einführung eines Radonprogramms in einem Land sollten Kosten und Nutzen verschiedener Strategien der Radonreduktion einander gegenübergestellt werden und die jeweils effektivste Methode eingesetzt werden. Das Handbuch liefert hierfür eine detaillierte Anleitung und ein einfaches Kalkulationsprogramm, in welches Angaben zur Bevölkerungsstruktur, Radonverteilung, Haushaltsstruktur und zu den geschätzten Kosten (Messung, Sanierung, Gesundheitssysteme, Behandlung von Lungenkrebs etc.) einfließen.

Radonmessung

Empfehlungen zur Art der zu verwendenden Messgeräte, zur Dauer der Messperiode und zur Qualitätssicherung der Messergebnisse werden gegeben.

Radonsanierung

Verschiedene Sanierungsmaßnahmen für bestehende und neu zu errichtende Gebäude werden vorgestellt und bewertet.

Risikokommunikation

Verschiedene Risikokommunikationsstrategien sowie mögliche Zielgruppen für Risikokommunikation werden vorgestellt.

Sämtliche Informationen zum WHO-IRP-Projekt (Protokolle der Treffen, Newsletter, Fact Sheets, Pressemitteilungen etc.) sind auf der Webseite www.who.int/ionizing_radiation/env/radon/en einzusehen.

ENDLAGER UND ENDLAGERPROJEKTE: AKTUELLER STAND

Repositories and Repository Projects: Current Status

ERRICHTUNG DES ENDLAGERS FÜR RADIOAKTIVE ABFÄLLE KONRAD

Construction of the Konrad Deep Geological Repository for Radioactive Waste

Ansprechpartner:

Henning Rösel (030 18333-1110)

On May 30, 2007, the Federal Minister for the Environment, Nature Conservation and Reactor Safety (BMU) charged BfS with the construction of the Konrad mine as a repository for radioactive waste. BfS will set up the infrastructure required for the conversion and will provide the prerequisites for invitations to tender after a preparation phase lasting about two years. The actual conversion of the Konrad mine into a repository will take about four years. Thus, altogether a period of about six years must be assumed until emplacement of radioactive waste can start in the Konrad repository. Emplacement operations could start by the end of the year 2013. The work is coordinated by the "Construction of the Konrad repository" project group established by the President of the BfS with effect from May 9, 2007. The group consists of selected experts from various units of BfS and is headed by the BfS Vice President.

Das Jahr 2007 ist das Jahr der Entscheidung über die Errichtung des Endlagers Konrad für nicht wesentlich Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle.

Am 26.03.2007 hat das Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) in Leipzig die Beschwerden eines privaten Klägers und von drei Kommunen gegen die Nichtzulassung der Revision gegen die die Klage abweisenden Urteile des Oberverwaltungsgerichts Lüneburg vom 08.02.2006 gegen den Planfeststellungsbeschluss zur Errichtung und den Betrieb des Endlagers für radioaktive Abfälle zurückgewiesen. Damit war der ordentliche Rechtsweg ausgeschöpft und der Planfeststellungsbeschluss unanfechtbar. In seiner Pressemitteilung vom 03.04.2007 stellte Bundesumweltminister Gabriel fest:

„Mit der heutigen Entscheidung des Bundesverwaltungsgerichts geht der Verwaltungsrechtsstreit um das Endlager Schacht Konrad zu Ende. Das Urteil ist rechtskräftig. Alle Einsprüche gegen den Planfeststellungsbeschluss sind endgültig abgewiesen. Damit ist der Bund atomgesetzlich verpflichtet, die Umrüstung von Schacht Konrad zum Endlager vorzubereiten. Ich habe bereits in der Vergangenheit darauf hingewiesen, dass das abschließende Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes für mich maßgeblich ist. Eine Alternative zur Umsetzung dieses Gerichtsurteils gibt es nicht.“

In Konsequenz der Entscheidung des BVerwG richtete der Präsident des BfS am 9. Mai 2007 die Projektgruppe „Errichtung des Endlagers Konrad“ (PG-K) ein. Die PG-K wurde mit Expertinnen und Experten des BfS personell ausgestattet. Die Projektgruppe hat den Auftrag, die



Blick auf den Förderturm Schacht 1 der Schachanlage Konrad

planerischen, terminlichen und finanziellen Voraussetzungen für die Errichtung und den Betrieb des Tiefenlagers Konrad zu schaffen und die DBE als den Hauptpartner des BfS für die Errichtung des Endlagers mit den notwendigen Arbeiten zu beauftragen. Die PG-K nutzt für die Aufgabenerledigung die Vorarbeiten einer vom Präsidenten des BfS bereits im Jahr 2006 eingerichteten Arbeitsgruppe, die im März 2007 ihre Analyse des Planfeststellungsbeschlusses (PFB) vorgelegt hat mit dem Ergebnis, dass ca. 600 Veranlassungen aus dem PFB mit seinen Nebenbestimmungen identifiziert und nach ihrer Dringlichkeit kategorisiert wurden.

Die Errichtung des Endlagers Konrad soll nach den derzeitigen Planungen voraussichtlich Ende 2013 abgeschlossen sein. Dies ist ein ehrgeiziges, aus heutiger Sicht aber erreichbares Ziel.

Das BfS geht im Grundsatz davon aus, dass bis Ende 2009 die planerischen und vertraglichen Voraussetzungen für die Errichtung geschaffen sind und sich dann in den vier Jahren bis Ende 2013 die über- und untertägigen Baumaßnahmen anschließen werden. Notwendige vorbereitende Maßnahmen für die vierjährige Errichtungsphase wurden bereits in 2007 begonnen und werden in 2008 und 2009 fortgesetzt bzw. abgeschlossen.

Am 30. Mai 2007 beauftragte das Bundesumweltministerium das BfS offiziell mit der Errichtung des Endlagers Konrad.

Bereits Mitte 2007 begannen die ersten Arbeiten zur endlagerechten Sanierung des Schachtes Konrad 2.

Dieser Schacht ist später Einlagerungsschacht und stellt die zweite Möglichkeit zur Befahrung der untertägigen Grubenräume dar. Als so genannter Fluchtschacht muss er auch während der Zeit der Sanierung benutzbar bleiben, um im Falle eines Störfalles unter Tage sowohl den Bergleuten als auch Besuchern als Fluchtmöglichkeit zur Verfügung zu stehen, falls Schacht Konrad 1 ausfallen sollte. Aufgrund seines Alters von rund 50 Jahren bedarf Schacht 2 dringend der Sanierung. Dies ist sowohl aus bergsicherheitlicher als auch aus arbeitssicherheitlicher Sicht unabweisbar und dringend geboten. Bereits im Oktober 2007 wurde der Förderturm Konrad 2 abgebaut. Mit der Errichtung eines provisorischen Förderturms wurde begonnen.



Errichtung des provisorischen Förderturms an Schacht 2

Im Oktober 2007 reichte das BfS den Hauptbetriebsplan (HBPI) zur Errichtung des Endlagers Konrad bei der zuständigen niedersächsischen Bergbehörde zur Zulassung ein. Der HBPI ist die notwendige bergrechtliche Genehmigung, die den atomrechtlichen PFB ergänzt. Mit seiner Zulassung liegen die notwendigen Errichtungsgenehmigungen vor. Der HBPI wurde am 15.01.2008 zugelassen.

Im November 2007 traf das BfS die Entscheidung, den ehemaligen Tagebau Haverlahwiese nicht weiter als Deponie für Haufwerk aus Konrad zu nutzen, da unter Tage ausreichend Hohlraum zur Verfügung steht, um bis Ende 2018 das Haufwerk dort zu deponieren. Der ehemalige Tagebau wird der Stadt Salzgitter als Naturschutzfläche zur Verfügung gestellt, wenn die Zulassung des bergrechtlichen Abschlussbetriebsplans in 2008 vorliegt und das BfS die dort festgelegten Abschlussarbeiten erledigt hat.

Weiterhin wurden in 2007 noch notwendige Verhandlungen über Grundstückskäufe und Gestattungsrechte begonnen und im Wesentlichen abgeschlossen.

Die DBE wurde beauftragt, die bereits in den 90er Jahren erstellte Ausführungsplanung für die Errichtung des Endlagers Konrad nochmals zeitnah auf ihre Ver-

einbarkeit mit den Festlegungen des Planfeststellungsbeschlusses und seinen Nebenbestimmungen zu überprüfen. Die aktualisierte Planung bildet die Grundlage für spätere Ausschreibungen und Vergaben der Errichtungsmaßnahmen.

Anfang 2008 haben die Arbeiten für Bodenuntersuchungen und zur Kampfmittelbeseitigung an Schacht Konrad 2 begonnen. Im Anschluss wurden erste Arbeiten zur Einrichtung einer Straßenanbindung von Konrad 2 an das öffentliche Straßennetz aufgenommen. Im Juni 2008 ist geplant, die Arbeiten zur Sanierung der Schachtfördermaschine Konrad 1 Süd aufzunehmen. Parallel dazu werden die notwendigen Planungen termingerecht fortgesetzt und Ausschreibungen vorbereitet.

ENDLAGER MORSLEBEN (ERAM)

Morsleben Repository (ERAM)

Ansprechpartner:

Harald Kronemann (030 18333-1830)

For more than 10 years BfS has been working on the methods and measures for the final closure of the Morsleben repository ERAM. Because of the history of the ERAM as a potash and salt mine this is a very complicated process. Apart from radiological safety objectives (based on the "Atomic Energy Act" and the "Radiation Protection Ordinance") also conventional objectives have to be considered. About 160 documents containing descriptions of the geological, geotechnical and geographical situation, measures and proof of long-term safety were submitted to the licensing authority in Magdeburg (Saxony-Anhalt). In September 2005, all documents for public attendance according to the Atomic Energy Act were passed over to the Ministry of Agriculture and Environment of Saxony-Anhalt. After examination of these documents the Ministry of Agriculture and Environment will announce the plan for the decommissioning of the ERAM, initiating the involvement of the public.

Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM

Das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wurde 1971 von der ehemaligen DDR eingerichtet. Bis 1998 wurden im ERAM schwach- und mittelradioaktive Abfälle mit vorwiegend kurzen Halbwertszeiten und geringen Konzentrationen an Alpha-Strahlern endgelagert. Unmittelbar nach dem Übergang des ERAM in den Verantwortungsbereich des BfS wurden die Planungsarbeiten für ein Stilllegungskonzept nach Abschluss des Betriebes aufgenommen. Maßstab für das Stilllegungskonzept des BfS waren und sind die Anforderungen des Atomgesetzes (AtG) und der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV), gemäß denen die Maßnahmen zur Stilllegung so zu planen und durchzuführen sind, dass hinsichtlich der Belastungen der Umwelt und der Bevölkerung sowohl während des Betriebes und der Stilllegungsarbeiten als auch in der Nachbetriebsphase die Schutzziele eingehalten werden.

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

Verschiedene Stilllegungskonzepte mit ihren zu erwartenden Erfolgsaussichten und Auswirkungen wurden untersucht und auch Realisierungsvarianten für die technischen Stilllegungsmaßnahmen diskutiert. Die Anforderungen an ein solches Stilllegungskonzept sind sehr hoch, da das Stilllegungskonzept und die einzelnen Maßnahmen dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen müssen.

Schwierigkeiten für die Entwicklung eines Stilllegungskonzeptes und den Nachweis der Langzeitsicherheit resultieren insbesondere aus dem Alter des Grubengebäudes und der langen Standzeit der Grubenräume, dem hohen Durchbaugrad als Folge der intensiven bergbaulichen Nutzung, der weiten Verbreitung von Kalilagern und den geringen Konvergenzraten in den Grubenhohlräumen. War von der DDR ein Flutungskonzept favorisiert worden, so wurden nachfolgend ein Spülversatzkonzept, ein Blasversatzkonzept, ein Einkapselungskonzept mit einem abdichtenden Mineralgemisch wie auch mit hochverdichteten Betonitabdichtungen sowie ein Porenspeicherkonzept untersucht. Im Ergebnis wurden diese Planungsarbeiten schließlich auf ein Abdichtungskonzept mit einer weitgehenden Verfüllung des Grubengebäudes fokussiert. An den Entwicklungs- und Forschungsarbeiten waren und sind neben den Fachleuten des BfS auch andere Organisationen und Unternehmen des In- und Auslandes beteiligt, die einen hohen Erfahrungsstand auf dem Gebiet der Planungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle besitzen.

Das für die Stilllegung des ERAM vorgesehene Stilllegungskonzept geht von einer weitgehenden Verfüllung der zurzeit noch offen stehenden Grubenräume mit Salzbeton und der Abdichtung der Einlagerungsbereiche durch spezielle Bauwerke in ausgewählten Strecken aus. Dadurch werden einerseits die Hohlräume im ERAM und mögliche Senkungen an der Tagesoberfläche minimiert und gleichzeitig die Bewegung von Schadstoffen im ERAM nach dessen Schließung behindert und begrenzt.

Insgesamt wurden im Rahmen der Stilllegungsplanung etwa 160 Unterlagen zur Prüfung und Genehmigung beim MLU eingereicht. Hinzu kommen die Unterlagen für die Einleitung der Öffentlichkeitsbeteiligung im Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM. Zurzeit laufen intensive Gespräche zwischen der Genehmigungsbehörde und dem BfS, in deren Rahmen beide Behörden und ihre Gutachter und Fachleute Fragen zum Stilllegungskonzept und zu den Verfahrensunterlagen zu diskutieren und zu bewerten haben.

Bergbauliche Gefahrenabwehrmaßnahme im Zentralteil

Im Zentralteil der Grube Bartensleben des ERAM ist es aufgrund der etwa 80-jährigen Standzeit und des hohen Durchbaugrades dringend notwendig geworden, eine Stabilisierung vorzunehmen. Hierzu werden seit 2003 in diesem Grubenteil 24 ehemalige Steinsalzbaukammern, in denen keine radioaktiven Abfälle lagern, mit rund 800.000 m³ Salzbeton im Rahmen bergbaulicher Gefahrenabwehrmaßnahmen verfüllt.

Der verwendete Salzbeton besteht im Wesentlichen aus Steinsalz als Zuschlag, Hochofenzement als Bindemittel sowie Zugabewasser. Von der übertägigen Pumpanlage wird der Salzbeton durch eine rund 1.500 m lange Förderrohrleitung in die zu verfüllenden Hohlräume in 380 bis 460 m Tiefe gefördert.

Die folgende Abbildung zeigt die Förderleitung für den Salzbeton.



Förderleitung für die Verfüllung ehemaliger Salzabbaukammern im Zentralteil des ERAM mit Salzbeton

In den 4 Jahren des Betriebs hat die Salzbetonförderung einen Durchschnittswert von rd. 10.000 m³/Monat erreicht. Bis Ende 2007 wurden so über 500.000 m³ in 16 Kammern gepumpt. Bei dieser Förderleistung wird die Verfüllung im Zentralteil planmäßig 2010 abgeschlossen werden können. Der Zentralteil des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben wird dann so stabilisiert sein, dass die späteren Stilllegungs- und Verfüllarbeiten sicher und ohne Zeitdruck durchgeführt werden können. Die Gesamtkosten der Verfüllmaßnahme im Zentralteil werden sich nach aktueller Schätzung auf ca. 160 Mio. € belaufen. Diese sind – wie die laufenden Kosten der Offenhaltung bis zum Planfeststellungsbeschluss, des Planfeststellungsverfahrens und der Stilllegung – nicht refinanzierbar und damit im vollen Umfang aus Mitteln des Bundeshaushaltes zu finanzieren.

SCHLIESSUNG DER SCHACHTANLAGE ASSE II

Closure of the Asse II Mine

Ansprechpartner:

Matthias Ranft (030 18333-1952)

The Asse II mine (Asse research mine) is operated by the Helmholtz Zentrum München – German Research Center for Environmental Health. At present, the closure licensing procedure is performed under mining law. The Bundesamt für Strahlenschutz was charged by the Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit with an evaluation of the license application. It should be stated to what extent the evidence for long-term safety, that had been submitted with the closing operating plan under mining law, is complete and has been furnished with the same depth as a licensing (plan-approval) procedure under nuclear law.

According to the Bundesamt für Strahlenschutz point of view, the 33 documents submitted for examination are not complete with regard to a licensing (plan-approval) procedure under atomic law. They do not hold the necessary depth for all technical aspects.

The results of a technical discussion held by BfS in October 2007 led to technical proposals which are being examined in consultation with BMBF, BMU and NMU for a joint operation concerning the Asse research mine.

Die Schachanlage Asse II

Die Schachanlage Asse II bei Wolfenbüttel wurde von 1964 bis 1992 von der GSF, dem Forschungszentrum für Umwelt (heute HMGU, Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt GmbH) als Forschungsbergwerk genutzt, um technische Maßnahmen für die Handhabung radioaktiver Abfälle in einem Endlager zu erproben und wissenschaftliche Grundlagenforschung für die Endlagerung im Salzgestein durchzuführen. Das HMGU ist Eigentümer und Betreiber des Forschungsbergwerkes im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).

Im Rahmen von Forschungsvorhaben wurden im Zeitraum von 1967 - 1978 schwach- und mittelaktive radioaktive Abfälle eingelagert. Aufgrund des 1976 novellierten Atomgesetzes entfiel die Rechtsgrundlage für die Einlagerung im Salzbergwerk Asse und die Einlagerung wurde 1978 eingestellt. Da seit Ende 1992 keine weitere Verwendung mehr für das Forschungsbergwerk Asse besteht, wurde in den folgenden Jahren die Schließung vorbereitet. In diesem Zusammenhang erfolgte im Zeitraum 1995 bis 2004 die Verfüllung nahezu aller Grubenbaue im Baufeld der Südflanke mit insgesamt ca. 2,2 Mio. Tonnen Salzgrus. Im Gegensatz zur Verfüllung mit Salzbeton wird durch diese Art der Verfüllung keine rasche Beendigung der Gebirgsbewegungen erreicht.

Die weiter voranschreitenden Gebirgsbewegungen (Konvergenz) an der stark durchbauten Südflanke wirken sich bis in das Deckgebirge aus. Seit 1988 wird ein Zutritt von NaCl(Kochsalz)-gesättigter Lösung aus dem Ne-

bengebirge an der Südflanke des Forschungsbergwerkes Asse beobachtet. Die Rate beträgt derzeit ca. 12 m³ pro Tag. Die Gefahr besteht, dass durch die weiter fortschreitenden Gebirgsbewegungen weitere wasserwegsame Zonen entstehen, die einen Anstieg des Lösungszutritts zu Folge haben können. Die beabsichtigten Stilllegungsmaßnahmen würden dann behindert oder wären im Extremfall nicht mehr möglich. Eine gesicherte Prognose, ob, wann und in welchem Maße eine Zunahme des Lösungszutritts eintreten kann, ist nicht möglich.

Das Stilllegungsverfahren und die Rolle des BfS

Derzeit läuft das Genehmigungsverfahren zur Stilllegung. Die Stilllegung soll nach Ansicht der Verfahrensbeteiligten nach Bergrecht und nicht nach Atomrecht erfolgen, da es sich beim Forschungsbergwerk Asse nach Auffassung des Betreibers nicht um ein Bundesendlager im Sinne des Atomgesetzes (AtG) handele. Zuständige Genehmigungsbehörde für das bergrechtliche Stilllegungsverfahren ist damit das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie in Hannover (LBEG), das in diesen Fragen dem Niedersächsischen Umweltministerium (NMU) fachlich nachgeordnet ist. Die rechtliche Einordnung des Stilllegungsverfahrens (Bergrecht vs. Atomrecht) ist umstritten und Gegenstand von gerichtlichen Auseinandersetzungen. Anhängig ist derzeit die Klage einer Tischlermeisterin aus Mönchevahlberg gegen das Land Niedersachsen beim OVG Lüneburg. Ein Eilantrag wurde jedoch abgelehnt.

Unabhängig von der rechtlichen Einordnung des Stilllegungsverfahrens haben die Ministerien BMU, BMBF und NMU vereinbart, dass das bergrechtliche Genehmigungsverfahren in jedem Fall so ausgestaltet werden soll, dass kein materiell-inhaltlicher Unterschied zu einem atomrechtlichen Verfahren besteht. Daher sollen alle Gesichtspunkte in einem vergleichbaren Detaillierungsgrad betrachtet werden, wie dies bei einer Stilllegung nach Atomrecht erforderlich ist.

Damit dies nach bundeseinheitlichen Maßstäben sichergestellt ist, wurde das BfS eingeschaltet. Im Zeitraum März 2007 bis November 2007 wurde vom BfS auf Bitte des BMU geprüft, ob die mit dem Abschlussbetriebsplan vorgelegten Nachweise zur Langzeitsicherheit vollständig sind und ob ihr Tiefgang den Anforderungen eines atomrechtlichen Planfeststellungsverfahrens nach Stand von Wissenschaft und Technik entspricht.

Ergebnis der Prüfung durch das BfS und Empfehlungen

Die Vollständigkeitsprüfung zeigte, dass einzelne Unterlagen, die für ein atomrechtliches Planfeststellungsverfahren erforderlich sind, nicht vorliegen. Eine wesentliche Abweichung zum atomrechtlichen Verfahren stellt das Fehlen einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und einer Sicherheitsanalyse des Stilllegungsbetriebes dar.

Die Prüfung des Tiefgangs der vorgelegten Unterlagen erbrachte das Ergebnis, dass nicht in allen Teilaspekten

die für ein atomrechtliches Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung eines Bergwerks mit radioaktiven Abfällen notwendigen Nachweise in dem erforderlichen Tiefgang dargestellt sind. Die Ergebnisse der Prüfung wurden den beteiligten Ministerien zugeleitet. Im November 2007 hat die niedersächsische Genehmigungsbehörde den Wechsel zu einem bergrechtlichen Planfeststellungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung nach §52 Abs. 2c BBergG angeordnet. Damit ist auch eine Umweltverträglichkeitsprüfung vorzulegen. Die bisher fehlende Störfallanalyse wird im Jahr 2008 im Auftrag des HMGU erarbeitet und in das Genehmigungsverfahren einbezogen.

Darüber hinaus hat das BfS im Rahmen eines von ihm veranstalteten Expertengesprächs im Oktober 2007 Vorschläge erarbeitet, die zu einer Verbesserung der Sicherheitssituation in der Asse beitragen können. Als ein zentrales Ergebnis wurde die Prüfung durch eine Machbarkeitsstudie empfohlen, ob durch Injektionsmaßnahmen die Steifigkeit des Salzgrus-Versatzes so erhöht werden kann, dass eine deutliche Reduzierung der Deckgebirgsbewegungen an der Südflanke erfolgt. Damit könnte das Risiko einer Vergrößerung des bestehenden Lösungszutritts reduziert und mehr Zeit für die Durchführung des Planfeststellungsverfahrens mit Öffentlichkeitsbeteiligung gewonnen werden. Des Weiteren sollte geprüft werden, ob zusätzliche Maßnahmen im Zusammenhang mit den eingelagerten mittelradioaktiven Abfällen (Rückholung, verbesserte Einkapselung) machbar und sicherheitsoptimierend sind. Diese Vorschläge wurden von dem verantwortlichen Bundesforschungsministerium und vom Bundesumweltministerium sowie dem Niedersächsischen Landesumweltministerium aufgegriffen.

Am 21.11.2007 haben sich das BMBF, BMU und NMU u. a. darauf verständigt dass eine Bewertung ergänzender und alternativer Maßnahmen zum Stilllegungskonzept des HMGU unter Einbeziehung der Option einer Teilrückholung der mittelradioaktiven Abfälle (MAW) durchgeführt wird. Zusätzlich wurde Einigung erzielt, dass eine Störfallanalyse unter Einbeziehung eines nicht beherrschbaren Lösungszutritts und eine Machbarkeitsstudie für Ertüchtigungsmaßnahmen zur Verhinderung weiterer Verformungen an der Südflanke erstellt sowie eine Begleitgruppe unter Federführung des Landkreises Wolfenbüttel mit Beteiligung von Vertretern der regionalen Bevölkerung eingerichtet werden soll.

Darüber hinaus haben das BMBF, BMU und NMU beschlossen, eine Arbeitsgruppe einzurichten, die unter Berücksichtigung der o. g. Untersuchungen bestehende Handlungsoptionen und -spielräume für die Verbesserung der Sicherheitssituation der Asse untersuchen soll. Neben dem BfS und dem Forschungszentrum Karlsruhe (PTKA-WTE) sind drei Experten durch die „Begleitgruppe Asse II“ des Landkreises Wolfenbüttel zur Mitarbeit ernannt worden. Die fachlich-inhaltliche Verantwortung für die Ergebnisse der Arbeitsgruppe liegt gemeinsam beim BfS und PTKA-WTE.

Die fachliche Agenda der Arbeitsgruppe besteht in der

- Sichtung der Herleitung des bestehenden Stilllegungskonzeptes im Hinblick auf Lücken, Plausibilität und Kompatibilität zu den Standortgegebenheiten der Asse,
- Bewertung der Risiken und Konsequenzen unerwarteter Systementwicklungen,
- Prüfung der Machbarkeit der Rückholung des MAW,
- Beurteilung von Planungen zu möglichen Stabilisierungsmaßnahmen der Südflanke der Asse und in
- einer Bewertung der o. g. Handlungsoptionen unter Berücksichtigung der Langzeitsicherheitsanalyse, der Störfallanalyse und anhand vorab festgelegter fachlicher Kriterien. Schutzziel ist der dauerhafte Schutz des Menschen und der Umwelt.

Wenn sich bei der Umsetzung des Arbeitsprogramms zeigt, dass eine Optimierung des Stilllegungskonzeptes sinnvoll, möglich und gerechtfertigt ist, müssen HMGU und LBEG darüber entscheiden, wie die dann erforderlichen Maßnahmen im Rahmen des Stilllegungsverfahrens umgesetzt werden.

SICHERHEITSANFORDERUNGEN AN DIE ENDLAGERUNG WÄRME ENTWICKELNDER RADIOAKTIVER ABFÄLLE

Safety Requirements for the Final Disposal of Heat Generating Radioactive Wastes

Ansprechpartner:

Peter Brennecke (030 18333-1900)

The safety criteria as of 1983 have to be revised with respect to the present state of science and technology and to latest international recommendations. The preparation of a draft proposal presented by the Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) in January 2007, was intensively supported by BfS. Main features are the isolation in the isolating rock zone, demonstration of safety for approx. 1 million years, stepwise approach and continuous safety-related optimisation process. These features were confirmed in a workshop on safety requirements organised by BfS in March 2007. In addition, the GRS draft proposal was examined and evaluated by BfS on behalf of BMU. Thus, scientific-technical comments and remarks on the proposal were given by BfS.

Die nationale und internationale Fachwelt stimmt weitgehend darin überein, dass für die langfristig sichere Entsorgung von Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen ihre Endlagerung in tiefen geologischen Formationen die beste verfügbare Option darstellt. Zu diesen Abfällen zählen vor allem das verglaste Spaltproduktkonzentrat und hochdruckverpresste Hül- sen und Strukturteile aus der Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen wie auch diese Brennelemente selbst, sofern sie nicht wiederaufgearbeitet, sondern direkt endgelagert werden.

Die Endlagerung dieser Abfälle stellt nach wie vor eine große Herausforderung dar. Weltweit ist bisher kein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle in Betrieb (vergl. Jahresbericht 2006 des BfS). Im Hinblick auf die Realisierung einer solchen Anlage stellen standortunabhängig geltende Sicherheitsanforderungen eine wesentliche Voraussetzung dar. Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung von Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen geben den sicherheitstechnischen Rahmen vor, der bei Planung, Errichtung, Betrieb und Verschluss eines Endlagers für derartige Abfälle eingehalten werden muss. Damit wird das Sicherheitsniveau für eine solche Anlage festgelegt. Die Sicherheitsanforderungen gelten sowohl für das BfS als Antragsteller und Betreiber als auch für die zuständige Behörde, die auf Antrag des BfS die Durchführung eines entsprechenden Genehmigungsverfahrens betreiben würde.

Vorschlag der GRS

Mit der Erarbeitung eines Vorschlages für die Fortschreibung der „Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk“ vom Januar 1983 wurde die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH beauftragt (vergl. Jahresbericht 2006 des BfS). Diese Arbeiten wurden mit dem im Januar 2007 vorgelegten Bericht „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen – Entwurf der GRS“ abgeschlossen. Der Vorschlag berücksichtigt sowohl die Weiterentwicklungen des Standes von Wissenschaft und Technik als auch in jüngster Zeit veröffentlichte internationale Empfehlungen. Hierzu zählen insbesondere der IAEA Safety Standard No. WS-R-4 „Geological Disposal of Radioactive Waste“ (2006), die ICRP Publication 81 „Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste“ (2000) und der Draft Report der ICRP Committee 4 Task Group on Optimisation of Protection „The Optimisation of Radiological Protection – Broadening the Process“ (2006). Die Arbeiten der GRS wurden durch eine fachbereichsübergreifende Projektgruppe des BfS eng begleitet. Der Vorschlag unterteilt sich in Sicherheitsprinzipien und Schutzziele sowie in Anforderungen an das Sicherheitsmanagement, an das Sicherheitskonzept und an die Sicherheitsnachweise. Wesentliche Eckpunkte dabei sind:

- Für die Phase nach Verschluss des Endlagers wird als Schutzziel die Begrenzung des Risikos für ein Individuum gewählt, eine schwerwiegende Erkrankung aufgrund einer Exposition zu erleiden. Die Einhaltung dieses Schutzziels wird dadurch sichergestellt, dass allenfalls geringfügige Mengen an Schadstoffen aus dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich freigesetzt werden dürfen, die zu keinen relevanten Risiken für Mensch und Umwelt führen.
- Das geforderte Sicherheitsmanagement soll die Sicherheit des Endlagers in einem stetigen Prozess verbessern und die Sicherheitskultur fördern. Zur Sicherheitsverbesserung wird ein schrittweiser Optimierungsprozess unter vorgegebenen Randbedingungen (constrained optimization) gefordert.

- Die Entwicklung des Sicherheitskonzeptes soll als gestaffeltes System von Sicherheitsfunktionen erfolgen, das in dem Optimierungsprozess für Planung, Errichtung, Betrieb und Verschluss eines Endlagers wie auch für die Phase nach Verschluss eine stetige Verbesserung erfahren soll. Ziel dieses Prozesses ist es, eine hohe Endlagersicherheit durch eine möglichst dauerhafte, vollständige und zuverlässige Isolation der Abfälle zu gewährleisten.
- Die Anforderungen an den Sicherheitsnachweis konzentrieren sich darauf, die Isolation der Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle im einschlusswirksamen Gebirgsbereich des Endlagersystems zusammen mit den geotechnischen Barrieren bzw. Verschlussbauwerken über einen Zeitraum in der Größenordnung von 1 Million Jahren sicherzustellen. Die Nachweise sind entsprechend dem schrittweisen Vorgehen an definierten Haltepunkten zu erbringen und entsprechend zu dokumentieren (safety case). Hierbei ist die Dokumentation aller Argumente und Analysen zum Nachweis der Sicherheit des Endlagers zu erbringen.

Workshop Sicherheitsanforderungen des BfS

Zur wissenschaftlichen Diskussion des Entwurfs und zur Vorbereitung einer vom BMU zu diesem Entwurf erbetenen Stellungnahme des BfS fand in Hannover am 6. und 7. März 2007 der Workshop „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle“ statt. Dieser vom BfS durchgeführte Workshop diente dazu, die Vorstellungen der Fachwelt zu Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen kennenzulernen und Anregungen zu erhalten. Von den Teilnehmern am Workshop wurden Beiträge zur Bewertung des GRS-Vorschlages im Hinblick auf den heutigen Stand von Wissenschaft und Technik und zur Anwendbarkeit wie auch Beiträge zur Ergänzung, Vertiefung oder Detaillierung einzelner Anforderungen geleistet. Vertiefte Fachdiskussionen wurden in zwei Arbeitsgruppen zu den Themenbereichen „Nachweisstrategie für die Isolation der Abfälle im einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ und „Schrittweises Vorgehen, Optimierung“ geführt. Die wesentlichen Eckpunkte des GRS-Vorschlages vom Januar 2007 wurden im Ergebnis der Diskussionen bestätigt; darüber hinaus bot der Workshop eine Fülle von Anregungen und Hinweisen zu dieser Themenstellung. Der Workshop und seine Ergebnisse wurden vom BfS umfassend dokumentiert.

Stellungnahme des BfS

Auf Wunsch des BMU wurde vom BfS eine Stellungnahme zum GRS-Entwurf erarbeitet. Diese Stellungnahme unterteilt sich in weitergehende, z. T. präzisierende fachliche Anmerkungen zu den Vorschlägen der GRS und in Empfehlungen für einzelne Sicherheitsanforderungen, die im Rahmen der vom BMU beabsichtigten Verrechtlichung dieser Anforderungen in einer Verordnung berücksichtigt werden sollen.

Das BfS baut seinen Vorschlag auf den Schutzziele „Dauerhafter Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung aus den Abfällen“ und „Vermeidung unzumutbarer Lasten und Verpflichtungen für zukünftige Generationen“ auf. Die Sicherheitsprinzipien der IAEA und die Grundpflichten des Strahlenschutzes zur Vermeidung unnötiger Strahlenexpositionen und zur Dosisreduzierung werden übernommen. Wesentliches Element der Sicherheitsanforderungen ist die Optimierung der Sicherheit des Endlagersystems in der Betriebsphase und in der Phase nach Verschluss des Endlagers im Hinblick auf die Schutzziele und das damit verbundene schrittweise Vorgehen. Die Einhaltung der Schutzziele sieht das BfS als gewährleistet an, wenn das Risiko eines Individuums, einen schweren gesundheitlichen Schaden zu erleiden, auf 10^{-4} pro Lebenszeit begrenzt wird. Damit werden auch potenzielle Schäden durch andere – nichtradioaktive – Schadstoffe erfasst. Dem Endlager ist ein Sicherheitskonzept zugrunde zu legen, das in der Betriebsphase auch für andere kerntechnische Anlagen Anwendung findet. Das Sicherheitskonzept für die Phase nach Verschluss des Endlagers beruht darauf, dass die Sicherheit des Endlagers durch ein gestaffeltes und robustes System mehrerer Sicherheitsfunktionen gewährleistet wird, die passiv und wartungsfrei wirken. Der Nachweis der Sicherheit ist zumindest für einen Zeitraum in der Größenordnung von einer Million Jahren zu erbringen. Für diesen Zeitraum kann davon ausgegangen werden, dass sich die geologische Entwicklung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs vorhersagen lässt. Es werden ein standortspezifischer Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase vergleichbar mit jeder anderen kerntechnischen Anlage und ein standortspezifischer Langzeitsicherheitsnachweis vorgeschlagen, wobei die Berechnungen möglichst realitätsnah erfolgen müssen. Die konkrete Vorgehensweise zur Führung des Langzeitsicherheitsnachweises soll in einer Leitlinie aufgezeigt werden, die fortschreitend dem sich weiter entwickelnden Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden kann.

ERGEBNISSE DER ENDLAGERTAGUNG IN BRAUNSCHWEIG

Conclusions of the Brunswick Conference on Final Disposal of Radioactive Waste

Ansprechpartner:

Ulrich Kleemann (030 18333-1600)

Upon invitation by the Federal Office for Radiation Protection and the Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS, Braunschweig), internationally leading experts presented the most recent findings in the field of disposal of heat-generating radioactive waste at the „RepoSafe“ symposium in Braunschweig from November 6 to November 9, 2007. Altogether about 280 participants from 16 countries attended the symposium. The importance of the comprehensive information and involvement of the public in the planning work, inclu-

ding the site selection procedures, was emphasised. World-wide different host rocks being investigated for their suitability for hosting a repository for the disposal of heat-generating radioactive waste were discussed. To ensure a range of opinions on that issue as broad as possible and an open dialogue, representatives of various citizens' initiatives were invited as well. After lectures had been held and discussions had ended, numerous participants used the opportunity to visit the sites Konrad, Morsleben, Asse and Gorleben to get a picture of the situation in situ.

Bei der nach wie vor ungelösten Endlagerung hochradioaktiver Abfälle setzen die auf diesem Gebiet am weitesten fortgeschrittenen Länder in der Regel auf vergleichende Auswahlverfahren mit umfassender Beteiligung der Bevölkerung. Dies ist ein zentrales Ergebnis der Fachtagung „RepoSafe“ in Braunschweig, auf der vom 6. bis 9. November 2007 international führende Experten auf Einladung des Bundesamtes für Strahlenschutz und der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) die neuesten Erkenntnisse bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle präsentiert haben. Insgesamt nahmen rund 280 Teilnehmer aus 16 Ländern an der Tagung teil.

Vertreter der nationalen Entsorgungsinstitutionen der Schweiz, Schwedens und Finnlands betonten, wie wichtig die umfassende Einbindung der Öffentlichkeit in die derzeit laufenden Standort-Auswahlverfahren und deren Akzeptanz in der Bevölkerung sei. Dies sei die zentrale Lehre aus den bisherigen Erfahrungen. Eine Mehrheit der an der Konferenz teilnehmenden Wissenschaftler sprach sich zudem dafür aus, dass die Endlagerung radioaktiver Abfälle von heutigen Generationen und im eigenen Land gelöst werden müsse. Dabei müssten sicherheitstechnische Fragestellungen Priorität genießen. Viele Experten betonten außerdem, dass in einzelnen Teilbereichen weiterer Forschungsbedarf bestehe, z. B. bei Fragen der langzeitlichen Wirkungsmechanismen für die Radionuklidrückhaltung, der Verfüllung und des Verschlusses von Endlagern und der Bewertung der Endlagersicherheit über lange Zeiträume.

Unbeschadet vieler Gemeinsamkeiten diskutierten die Teilnehmer auch Probleme und unterschiedliche Ansätze bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle. So werden weltweit unterschiedliche Wirtsgesteine als Endlagermedium untersucht. Länder wie Schweden oder Finnland planen Endlager in Granitgestein, Frankreich oder die Schweiz erforschen dagegen Ton, während Deutschland und die USA bisher auch Salz untersucht haben. Während eine Mehrheit auf die Endlagerung in tiefen geologischen Schichten setzt, verfolgen einige Länder, beispielsweise die Niederlande, das Konzept der langfristigen Zwischenlagerung.

Die Veranstalter legten bei der von Bundesumweltminister Sigmar Gabriel und dem Oberbürgermeister der Stadt Braunschweig, Dr. Gert Hoffmann, eröffneten Tagung Wert auf ein möglichst breites Meinungsspektrum und einen offenen Dialog. So wurden auch Vertreter verschiedener Bürgerinitiativen eingeladen, um ihre Erfahrungen einzubringen. Am ersten Konferenztag ga-



Bundesumweltminister Gabriel bei der Eröffnung der Fachtagung "RepoSafe" am 6. November 2007 in Braunschweig

ben Vertreter verschiedener internationaler, mit der Endlagerung betrauter Organisationen Einblicke in die internationale Entwicklung und den Stand bei der Endlagerung in den jeweiligen Ländern. An den Folgetagen präsentierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem In- und Ausland aktuelle Ergebnisse auf dem Gebiet der Endlagerung. Im Fokus der Diskussionen standen u. a. neue Erkenntnisse für verschiedene Wirtsgesteine wie Ton oder Salz und Entwicklungen beim Langzeitverschluss von Endlagern für radioaktive Abfälle. Die deutsche Situation bezüglich der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle wurde ergänzend zu den Ausführungen von Bundesminister Gabriel in Beiträgen des Bundesamtes für Strahlenschutz, des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie und der Energieversorgungsunternehmen näher beleuchtet.

Im Anschluss an die Vorträge und die fachlichen Diskussionen besuchten Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Konferenz die Endlagerprojekte Konrad, Morsleben, Asse und das Erkundungsbergwerk Gorleben. Hier konnten sie sich ein Bild über die jeweilige Situation vor Ort machen.

TRANSPORT UND ZWISCHENLAGERUNG VON RADIOAKTIVEN ABFÄLLEN UND KERNBRENNSTOFFEN

Transport and Interim Storage of Radioactive Waste and Nuclear Fuels

Ansprechpartner:

Diethardt Hofer (030 18333-1700)

Frank Nitsche (030 18333-1770)

In Germany the Federal Office for Radiation Protection is the competent authority for issuing interim storage approvals of spent fuel elements as well as shipment approvals and package design approvals in the field of the safe transport of radioactive material. The spent fuel elements from the operation of power and research reactors are kept in central and decentralised interim storage facilities. In 2007 the BfS dealt with approval amendments of interim storage facilities. One of the main tasks was the special approval procedure for the transport of large components in connection with the decommissioning of nuclear power plants in Germany. Two of those approvals have been granted. In addition, the BfS issued 113 approvals for the shipment of nuclear fuels and large sources and 43 package design approval certificates.

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

In Betrieb sind derzeit 3 zentrale und 12 dezentrale Zwischenlager, an den Kernkraftwerkstandorten sowie das AVR-Behälterlager in Jülich.

Die bestandskräftige Genehmigung für die Aufbewahrung radioaktiver Stoffe im **Transportbehälterlager Ahaus** umfasst die Aufbewahrung bestrahlter Brennelemente aus deutschen Atomkraftwerken in Behältern verschiedener CASTOR-Bauarten auf 370 Stellplätzen sowie die Lagerung ausgedienter Kugelbrennelemente aus dem stillgelegten Thorium-Hochtemperatur-Reaktor in Hamm-Uentrop und bestrahlter Brennelemente aus dem stillgelegten Rossendorfer Forschungsreaktor in 323 kleineren CASTOR-Behältern auf weiteren Stellplätzen. Die Schwermetallmasse ist auf 3.960 t begrenzt. Am 20.12.2006 haben die Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS) und die Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH (BZA) einen Antrag auf Aufbewahrung von hoch-

druckkompaktierten radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung bei der AREVA NC (vormals COGEMA) in La Hague in Transport- und Lagerbehältern der Bauart TGC36 gestellt. Nach den Planungen der Stromversorgungsunternehmen sollen frühestens ab 2011 bis zu 150 Behälter eingelagert werden. Bei der Bezirksregierung Münster ist am 30.10.2006 außerdem ein Antrag auf Lagerung sonstiger radioaktiver Stoffe in der westlichen der beiden Lagerhälften gestellt worden (§ 7 StrlSchV). In diesem Verfahren ist das BfS bezüglich möglicher Wechselwirkungen zur Aufbewahrung nach § 6 AtG beteiligt.

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

Am 23.05.2007 wurde eine 3. Änderungsgenehmigung erteilt. Diese Genehmigung erlaubt im Zwischenlager Gorleben die Nutzung der neuen Behälterbauart TN85 für die Aufbewahrung von hochradioaktiven Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente bei der AREVA NC in Frankreich, deren Einlagerung – wenn auch mit einer geringeren Wärmeleistung je Behälter – bereits vor der Erteilung der 3. Änderungsgenehmigung gestattet war. Außerdem erlaubt diese Behälterbauart infolge verbesserter Abschirmung die Einlagerung von mehr Glaskokillen mit höherer Neutronendosisleistung. Im Rahmen weiterer Änderungsverfahren wurde die Prüfung der Genehmigungsvoraussetzungen für den Behälter CASTOR HAW28M (ebenfalls für 28 Glaskokillen mit 56 kW) fortgesetzt. Die Rückführung der Glaskokillen nach Deutschland ist durch internationale Verträge der Bundesrepublik Deutschland mit der Republik Frankreich abgesichert.

Die weiteren Planungen sehen für die Jahre 2008 bis 2011 die Rückführung von insgesamt 33 Behältern mit Glaskokillen der AREVA NC vor. Zwischenzeitlich wurde der für 2009 geplante Transport auf 2012 verschoben. Ab 2013 sollen insgesamt 21 Behälter mit Glaskokillen der Sellafield Ltd. (BNFL Group) aus Großbritannien zurückgeführt werden.

Im **Zwischenlager Nord** in der Nähe von Greifswald ist seit 1999 die Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen und sonstigen radioaktiven Stoffen aus dem ehemaligen Kernkraftwerk Greifswald und dem zugehörigen Zwischenlager für abgebrannten Brennstoff sowie

aus dem früheren Kernkraftwerk Rheinsberg im Umfang von 585 t auf maximal 80 Behälterstellplätzen genehmigt. Folgende Änderungsanträge befinden sich in der Prüfung:

- 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).

Standort-Zwischenlager (SZL)	Erteilung der 1. Genehmigung nach § 6 AtG	Masse SM [Mg]	Stellplätze gesamt (Ende 2007 belegt)	Baubeginn	Inbetriebnahme
SZL Biblis	22.09.2003	1400	135 (36)	01.03.2004	18.05.2006
SZL Brokdorf	28.11.2003	1000	100 (6)	05.04.2004	05.03.2007
SZL Brunsbüttel	28.11.2003	450	80 (4)	07.10.2003	05.02.2006
SZL Grafenrheinfeld	12.02.2003	800	88 (7)	22.09.2003	27.02.2006
SZL Grohnde	20.12.2002	1000	100 (6)	10.11.2003	27.04.2006
SZL Gundremmingen	19.12.2003	1850	192 (13)	23.08.2004	25.08.2006
SZL Isar	22.09.2003	1500	152 (6)	14.06.2004	12.03.2007
SZL Krümmel	19.12.2003	775	80 (10)	23.04.2004	14.11.2006
SZL Lingen	06.11.2002	1250	125 (24)	18.10.2000	10.12.2002
SZL Neckarwestheim	22.09.2003	1600	151 (27)	17.11.2003	06.12.2006
SZL Philippsburg	19.12.2003	1600	152 (24)	17.05.2004	19.03.2007
SZL Unterweser	22.09.2003	800	80 (1)	19.01.2004	18.06.2007

Standort-Zwischenlager

Interimslager (IL)	Erteilung der Genehmigung nach § 6 AtG	Masse SM [Mg]	Stellplätze	Inbetriebnahme	Außerbetriebnahme
IL Biblis	20.12.2001	300	28	07.03.2002	12.09.2006
IL Krümmel	20.06.2003	120	12	05.08.2004	23.11.2006
IL Neckarwestheim	10.04.2001	250	24	10.04.2001	19.12.2006
IL Philippsburg	31.07.2001	250	24	31.07.2001	30.03.2007

Interimslager

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

Bis Ende 2003 wurden die Anträge für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in den **Standort-Zwischenlagern** Biblis, Brokdorf, Brunsbüttel, Grafenrheinfeld, Grohnde, Gundremmingen, Isar, Krümmel, Lingen, Neckarwestheim, Philippsburg und Unterweser in einem ersten Genehmigungsschritt beschieden. In den Genehmigungsverfahren zur Aufbewahrung von Kernbrenn-

stoffen wurden von den Antragstellern weitere Ergänzungen und Änderungen der Genehmigungen beantragt. Im Jahr 2007 wurden nach Abschluss der entsprechenden Prüfungen insgesamt 8 Ergänzungs- bzw. Änderungsgenehmigungen erteilt. Außerdem wurde für das Standort-Zwischenlager Unterweser im Februar 2007 der Sofortvollzug angeordnet.

Mit der ersten Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern sind im Jahr 2006 die dezentralen Zwischenlager an den Standorten Brunsbüttel, Grafenrheinfeld, Grohnde, Biblis, Gundremmingen, Krümmel und Neckarwestheim in Betrieb gegangen.

Die weiteren im Jahr 2003 genehmigten Zwischenlager haben bis Mitte des Jahres 2007 an den Standorten der Kernkraftwerke Isar, Philippsburg, Brokdorf und Unterweser ihren Betrieb aufgenommen. Einen Überblick über die in Betrieb befindlichen Standort-Zwischenlager und Interimslager geben die Tabellen links.

Seit dem 22.04.2005 liegt dem Bundesamt für Strahlenschutz ein Antrag der Kernkraftwerk Obrigheim GmbH zur Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen in einem **Standort-Zwischenlager Obrigheim** vor. Zum 01.01.2007 ist an die Stelle der KWO GmbH die EnBW Kernkraft GmbH (EnKK) als Antragstellerin getreten. Beantragt wurde die Lagerung von insgesamt 342 bestrahlten Brennelementen aus dem Druckwasserreaktor des bereits im Mai 2005 stillgelegten Kernkraftwerkes Obrigheim. Die Brennelemente werden derzeit in einem bereits bestehenden externen Nasslager am Standort aufbewahrt. Da das externe Nasslager die geplanten Rückbauarbeiten des Kernkraftwerkes Obrigheim behindert, beabsichtigt die Antragstellerin auf dem Gelände des Kernkraftwerkes Obrigheim ein separates Standort-Zwischenlager mit trockener Zwischenlagerung der bestrahlten Brennelemente für maximal 40 Jahre zu betreiben. Das Konzept der EnKK sieht die Aufbewahrung der bestrahlten Brennelemente in insgesamt 15 Transport- und Lagerbehältern der Behälterbauart CASTOR 440/84 vor. Auf der Grundlage des Umhausungskonzeptes für die Interimslager hatte die Antragstellerin zunächst die Aufbewahrung der Behälter liegend unter einzelnen Betonumhausungen beantragt. Das BfS hatte Bedenken gegen den damit betriebenen Systemwechsel und das BMU um Überprüfung durch die RSK gebeten. Die Reaktor-Sicherheitskommission hat in ihrer Stellungnahme vom 12.04.2007 festgestellt, dass der Antrag der EnKK die Grundsätze der sicherheitstechnischen Leitlinien für Zwischenlager in einzelnen Punkten nicht erfüllt. Mit Schreiben vom 31.10.2007 hat die EnKK daraufhin die Änderung des Antrages vom 22.04.2005 beim BfS eingereicht. Beantragt ist jetzt die Aufbewahrung der Kernbrennstoffe in einer Lagerhalle aus Stahlbeton mit Verlade- und Lagerbereich (ca. 35,3 m lang, ca. 17,8 m breit und ca. 16,7 m hoch). Die Wandstärke der Außenwände in diesem Bereich soll ca. 85 cm und die Dicke des Betondaches ca. 55 cm betragen. Damit entsprechen die Wandstärken des Standort-Zwischenlagers Obrigheim den Wandstärken der Zwischenlager in

Süddeutschland, welche nach dem so genannten WTI-Konzept errichtet wurden. An die Ostseite der Lagerhalle schließt sich ein Betriebsgebäude an. Außerdem ist ein separates Wachgebäude (Sicherungszentrale) nebst technischen Einrichtungen für den Objektschutz vorgesehen. Das Zwischenlager Obrigheim soll für den autarken Betrieb ausgelegt und bereits unmittelbar nach seiner Inbetriebnahme nahezu autark betrieben werden. Das BfS bereitet derzeit die Einleitung des Öffentlichkeitsbeteiligungsverfahrens vor.



Vier Dampferzeuger aus dem KKW Stade werden zum Transport nach Schweden auf ein Schiff verladen

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

Ein Schwerpunkt in den Genehmigungsverfahren 2007 war die Erteilung der verkehrsrechtlichen Beförderungsgenehmigungen, die im Rahmen der Stilllegung der Kernkraftwerke Stade und Rheinsberg in den vergangenen Jahren beantragt und nach Abschluss der Prüfungen jeweils in Form einer Sondervereinbarung erteilt wurden.

So wurden aus dem KKW Stade im September vier im Inneren radioaktiv kontaminierte Dampferzeuger (DE) auf ein Schiff verladen (s. Abbildung oben) und nach Studsvik in Schweden abtransportiert. In Studsvik werden die radioaktiven Stoffe von den Dampferzeugern getrennt und als radioaktiver Abfall nach Deutschland zur Zwischen- oder Endlagerung zurückgeführt.

Der Reaktordruckbehälter (RDB) des KKW Rheinsberg wurde auf einem Spezialwaggon per Bahntransport am 30./31. Oktober zum Zwischenlager Nord, Lubmin, zur Einlagerung befördert. Eine Zerlegung des Reaktordruckbehälters erfolgt unter dem Aspekt der Minimierung der Strahlenbelastung des Personals zu dem Zeitpunkt, wenn die Radioaktivität im RDB so weit abgeklungen ist, dass von ihm keine Gefahr mehr ausgeht. Der Rückbau aller radioaktiven Teile des KKW Rheinsberg soll bis zum Jahr 2012 abgeschlossen sein. Genehmigungen nach § 4 AtG wurden u. a. für die Versorgung des Forschungsreaktors FRM II in Garching mit unbestrahlten Platten-Brennelementen sowie für den Abtransport von unbestrahlten Platten-Brennelementen aus dem Forschungszentrum Jülich in die kerntechnische Anlage der SCK/CEN in Mol, Belgien, erteilt.



Reaktordruckbehälter des KKW Rheinsberg beim Transport mit einem Spezialwaggon

Im Jahre 2007 wurden insgesamt 111 Beförderungsgenehmigungen (Einzel-, Mehrfach- und allgemeine Genehmigungen) für Kernbrennstoffe und Großquellen erteilt. Es wurden 15 Transporte von Großquellen und 382 Transporte von Kernbrennstoffen durchgeführt. Entsprechend den gefahrgutrechtlichen Anforderungen wurden durch das BfS 27 Versandstückmusterzulassungen und 16 Anerkennungen ausländischer Zulassungen für Transportbehälter sowie 2 verkehrsrechtliche Beförderungsgenehmigungen erteilt.

Weitere Informationen über die vom BfS erteilten Beförderungsgenehmigungen und erhobenen statistischen Angaben über die durchgeführten Kernbrennstofftransporte werden auf der Homepage des BfS veröffentlicht.

MOBILFUNK UND STRALUNG: FORSCHUNG UND KOOPERATION

Mobile Communications and Radiation: Research and Cooperation

Ansprechpartner:

Rüdiger Matthes (030 18333-2140)

The German Mobile Telecommunication Research Programme (DMF) was established to answer open scientific questions concerning possible health risks of high frequency electromagnetic fields with intensities below the limit values. With this programme BfS as the collaboration centre of the WHO supports the EMF project of the WHO. The programme will end in 2008. Additional research addresses the usage of HF in new technologies such as the digital radio system of agencies with safety functions (BOS). In preparation for the final risk assessment five international expert workshops were carried out in 2006 and 2007 in order to discuss the results obtained in five research topic areas of the DMF: "dosimetry", "risk communication", "acute health effects", "action mechanisms" and "long-term effects". The final risk re-assessment in context with the scientific state of the art will take place in the middle of 2008.

Das BfS hat im Auftrag des BMU 2002 das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) initiiert. Ziel des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms ist es, die wissenschaftlichen Unsicherheiten in der Risikobewertung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern zu verringern.

Das DMF unterstützt das internationale EMF-Projekt der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Das BfS als WHO-Kooperationszentrum liefert mit dem DMF einen wesentlichen Beitrag zur ganzheitlichen Risikobewertung von hochfrequenten Feldern. Seit 2002 werden in 54 Projekten mögliche gesundheitliche Auswirkungen von Mobilfunkfeldern auf Mensch und Tier untersucht, die Feldintensitäten, die beim Einsatz der neuen Telekommunikationstechnologien entstehen, ermittelt sowie gesellschaftliche Aspekte im Bereich der Risikokommunikation analysiert. In 2006 und 2007 wurden die erarbeiteten Forschungsergebnisse in fünf themenspezifischen Fachgesprächen des

BfS der nationalen und internationalen Fachöffentlichkeit vorgestellt und diskutiert. Wesentliches Ziel war die Einordnung der Ergebnisse in das wissenschaftliche Gesamtbild. Zu jedem dieser Fachgespräche werden von Rapporturen zusammenfassende Ergebnisberichte verfasst und auf den Internetseiten des DMF unter <http://www.emf-forschungsprogramm.de/abschlussphase> veröffentlicht. Diese Berichte spiegeln den jeweils aktuellen Diskussionsstand der Teilnehmer an diesen Fachgesprächen wider. Die Gesamtbewertung der DMF-Forschungsprojekte, die Einordnung in den internationalen wissenschaftlichen Erkenntnisstand und eine ganzheitliche Risikobewertung findet Mitte 2008 während einer mehrtägigen internationalen Tagung unter Beteiligung der WHO statt. Dem Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm wird von nationalen wie internationalen Experten ein hohes Maß an Professionalität und Transparenz bescheinigt. Die fachspezifischen Diskussionen haben gezeigt, dass mit dem DMF ein wesentlicher Beitrag zur Schließung einer Reihe von Wissenslücken geleistet wird.

Trotzdem ist schon jetzt absehbar, dass nicht alle Fragen im Rahmen des DMF beantwortet werden können. Im Hinblick auf langfristige Wirkungen, insbesondere bei der Nutzung von Handys, besteht weiter Klärungsbedarf. Auch die Frage einer möglicherweise höheren Empfindlichkeit von Kindern gegenüber elektromagnetischen Feldern wird nicht abschließend geklärt werden können. Deshalb ist eine gezielte Verringerung der Strahlenbelastung, z. B. durch einen vorsichtigen Umgang mit dem Mobilfunk, erforderlich. Die Handynutzung durch Kinder wird vom BfS aufgrund der unsicheren Erkenntnislage als besonders kritisch angesehen.

Um dem fortlaufenden technischen Entwicklungsprozess bezüglich der Nutzung hochfrequenter Felder Rechnung zu tragen, werden durch das BfS im Rahmen des Umweltforschungsplans (UFOPLAN) weitere Untersuchungsvorhaben initiiert. Hier ist z. B. die reale Exposition der Bevölkerung durch den Digitalfunk für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) ein Schwerpunkt. Das BfS ist im Gespräch mit der Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BDBOS), die bis 2010 flächendeckend den Digitalfunk für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS), der auf dem TETRA(Terrestrial Trunked Radio)-Standard basiert, aufbaut. Ein Austausch an Informationen zu einer der Bevölkerung dienlichen Risikokommunikation, basierend auf den Erfahrungen des BfS sowie in Bezug auf wissenschaftliche Erkenntnisse, wurde vereinbart. Dem Vorbild der freiwilligen Selbstverpflichtung der Mobilfunkbetreiber folgend ist auch eine Mitfinanzierung der Forschung, die vor allem die reale Exposition der Bevölkerung durch dieses Funkssystem und mögliche gesundheitsrelevante Effekte für Anwender dieser Technik untersuchen soll, vereinbart worden.



Um tagsüber die kognitive Leistungsfähigkeit zu testen oder während der Nacht zur Untersuchung des Schlafes wurde am Kopf eine speziell für das DMF entwickelte Antenne fixiert

Ansprechpartner:

Wolfgang Weiss (030 18333-2100)

The national competence in education and training in the areas of ionising and non-ionising radiation has been declining for many years; it has now reached a status which is considered critical. The Competence Initiative of the Federal Ministries of Science and Education and for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety aims at maintaining and where appropriate regaining competence in the fields of radiobiology, the application of ionising radiation in medicine, and radioecology. The cornerstones of the initiative are high-level research in combination with education and training at university level. Members of the initiative are national research centres of the Helmholtz Society and BfS. The initiative started in 2007 and will provide funding of relevant projects over a period of at least 5 years to allow a sustainable development of a new generation of scientists in key areas of radiation research.

Seit vielen Jahren kommen Stellungnahmen der SSK, des Wissenschaftsrats, von wissenschaftlichen Gesellschaften, von Ministerien und von einzelnen Wissenschaftlern übereinstimmend zum Ergebnis, dass die akademische Ausbildung, Beratung und Forschung in Deutschland auf dem Gebiet der ionisierenden und nichtionisierenden Strahlung unter einen kritischen Wert der Personalstärke zu sinken droht, wenn nicht deutlich gegengesteuert wird. Derzeit gibt es z. B. nur noch einen C4/W3-Lehrstuhl in der Strahlenforschung an deutschen Universitäten. Die Personalstärke in Deutschland reicht nicht mehr aus für eine hinreichende akademische Ausbildung, zur Beratung von Ministerien und Gerichten, der Vertretung in nationalen und internationalen Fachgremien sowie für die Forschung. Deutschland ist dabei, auf dem Gebiet der Strahlenforschung, auf dem es über viele Jahrzehnte hinweg herausragende Beiträge geliefert hat, den internationalen Anschluss zu verlieren. Es gibt eine Reihe von Einzelmaßnahmen, an denen sich auch das BfS beteiligt, die darauf abzielen, diese negative Entwicklung zumindest abzuschwächen. Hierzu gehören u. a. die Etablierung von Expertennetzwerken auf europäischer Ebene wie z. B. das ALARA-Netzwerk oder Initiativen zur Aus- und Weiterbildung. Diese Bemühungen allein haben aber letztlich nicht das Potenzial, das strukturelle Problem der immer geringer werdenden Lehr- und Ausbildungskapazitäten an den Hochschulen zu lösen.

Im Rahmen einer Initiative des Bundesforschungs- und des Bundesumweltministeriums vom Februar 2007 soll diese Lücke mittelfristig geschlossen und die wissenschaftliche Kompetenz in der Strahlenforschung nachhaltig gestärkt werden. Es soll erreicht werden, dass wieder mehr junge Wissenschaftlerinnen und Wissen-

schaftler in diesem Bereich ausgebildet werden. Durch enge Kooperation zwischen den beteiligten Forschungszentren und Universitäten sollen Forschungsarbeiten initiiert und finanziell unterstützt werden, um wissenschaftliche Kompetenz auszubauen und eine intensive Nachwuchsförderung zu ermöglichen. Bestehende Lehrstühle sollen erhalten und das Entstehen neuer Lehrstühle sowie ein Aus- und Aufbau von Arbeitsgruppen gefördert werden. Wissenschaftliches Ziel ist die Förderung von strahlenbiologischer Grundlagenforschung auf hohem Niveau auf den Gebieten der natürlichen Strahlung sowie künstlicher Strahlenquellen in Technik, Medizin und Forschung. Forschungsschwerpunkte sind die Bereiche Strahlenbiologie, d. h. die Wirkung der Strahlung auf den Menschen, medizinische Fragestellungen und die Radioökologie.

Die Mitglieder des Kompetenzverbunds Strahlenforschung sind sechs Helmholtz-Zentren: das Helmholtz Zentrum München (früher Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (GSF)) in Neuherberg, die Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt, das Forschungszentrum Jülich (FZJ), das Forschungszentrum Karlsruhe (FZK), das Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg und das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Leipzig sowie das Forschungszentrum Rossendorf (FZR), Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft, und das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). Ständige Teilnehmer mit Gaststatus sind das Bundesforschungsministerium, das Bundesumweltministerium und die Strahlenschutzkommission (SSK).

Die praktische Umsetzung von Maßnahmen zur Förderung einschlägiger Projekte im Rahmen des Kompetenzverbunds im Jahr 2007 hat einige Zeit in Anspruch genommen, zumal es hierfür keine Beispiele gab und pragmatische Lösungen auf vielen Ebenen gefunden werden mussten. Die erste Runde der Beantragung von Projektvorschlägen wurde in der 2. Jahreshälfte auf den Weg gebracht. Mehrere große Projekte wurden Anfang 2008 bewilligt. Für die zweite Runde hat es 2008 eine offizielle Ausschreibung des BMBF gegeben. Es werden Begutachtungen durch unabhängige Gutachter erfolgen. Damit ist das erste Teilziel des Kompetenzverbunds, die Etablierung einer mittelfristig angelegten Förderungsstruktur, erreicht. Es wird aber längerfristiger Anstrengungen bedürfen, bis das Ziel der Wiedergewinnung und der Stärkung der Kompetenz in Deutschland auf den zentralen Feldern der Strahlenforschung und des Strahlenschutzes sichergestellt ist. Die bereits angesprochenen flankierenden Maßnahmen wie die Bildung von Netzwerken zur Aus- und Weiterbildung im Strahlenschutz werden in diesem Zusammenhang auch weiterhin von Bedeutung sein.

DIE DEUTSCHE URANBERGARBEITERSTUDIE: ERGEBNISSE UND AUSBLICK

The German Uranium Miner Study: New Results and Outlook

Ansprechpartnerin:

Michaela Kreuzer (030 18333-2250)

For several years BfS has been conducting a large cohort study on former employees of the Wismut uranium mining company. Risk analyses based on the first follow-up as of 31 December 1998 showed a clear increase in risk of lung cancer with increasing radon concentration. Unfortunately information on the potential confounder smoking is not available for this cohort. Within a nested case-control study information on smoking was collected for 421 lung cancer cases and 620 controls of the cohort. Risk analyses based on these data showed no major differences in lung cancer risk due to radon with and without considering smoking, suggesting that smoking is no major confounder. Meanwhile the second follow-up as of 31 December 2003 has been finished. The proportion of deceased cohort members increased from 28 % to 36 %, including a total of 6.374 malignant tumours.

Seit einigen Jahren führt das Bundesamt für Strahlenschutz eine große Studie an ehemaligen Beschäftigten des Uranerzbergbaus der Wismut (sog. Wismut-Kohorte) durch. Ziel ist es, das Gesundheitsrisiko im Hinblick auf Strahlung und andere Noxen (schädigende Stoffe) zu untersuchen. Die Studie umfasst ca. 59.000 Personen, die zwischen 1946 und 1989 bei der Wismut beschäftigt waren. Im ersten Beobachtungszeitraum („Follow-up“) bis Ende 1998 wurden 16.598 Todesfälle registriert, darunter 2.388 Lungenkrebsfälle. Im Jahr 2006 wurden die ersten Ergebnisse zum Lungenkrebsrisiko durch Radon publiziert. Es wurde ein klarer Ursache-Wirkungs-Zusammenhang beobachtet. Das Lungenkrebsrisiko stieg mit zunehmender Strahlenbelastung stetig an. Das Risiko war zusätzlich abhängig von der Zeit seit Exposition, dem erreichten Alter und der Expositionshöhe.

Rauchen stellt einen weiteren wesentlichen Risikofaktor für Lungenkrebs dar. Innerhalb der Wismut-Kohorte war diese Information jedoch nur vereinzelt und sehr ungenau vorhanden. Deshalb konnte Rauchen bei der Abschätzung des Lungenkrebsrisikos durch Radon in der oben genannten Studie nicht berücksichtigt werden. Dies könnte zu einer Unter- oder Überschätzung des wahren Risikos für Lungenkrebs durch Radon führen. Aus diesem Grunde wurde im Rahmen eines von der Europäischen Union geförderten Vorhabens für eine Untergruppe von 704 Lungenkrebssterbefällen und 1.400 nicht an Lungenkrebs verstorbenen Kontrollpersonen aus der Wismut-Kohorte Informationen zum lebenslangen Rauchverhalten gesammelt. Dies geschah zum einen durch Befragung von Studienteilnehmern oder – im Todesfall – von deren Angehörigen und zum anderen über Recherchen in den Unterlagen des ehemaligen Gesundheitsdatenarchivs der Wismut. Für 421 Lungenkrebssterbefälle und 620

Kontrollpersonen konnte so das frühere Rauchverhalten bestimmt werden. Die statistische Auswertung dieser Datenbasis zeigte mit und ohne Berücksichtigung des Rauchverhaltens keine gravierenden Unterschiede im Lungenkrebsrisiko durch Radon. Rauchen stellt also keine wesentliche Störgröße für die Abschätzung des Lungenkrebsrisikos durch Radon dar.



Bergarbeiter unter Tage (Quelle: Wismut GmbH)

Mittlerweile wurde der Beobachtungszeitraum der Wismut-Kohorte um weitere fünf Jahre verlängert (2. Follow-up). Für alle zum Zeitpunkt 31.12.1998 noch lebend gemeldeten Personen wurde der Vitalstatus und im Falle des Todes die Todesursache über Einwohnermelde- und Gesundheitsämter zum Zeitpunkt 31.12.2003 recherchiert. Zusätzlich wurde für verstorbene Personen des ersten Beobachtungszeitraums, für die keine Todesursache ermittelt werden konnte, versucht, über weitere Quellen Informationen zu Todesursachen zu bekommen. Gleiches galt für Personen, deren Vitalstatus im ersten Follow-Up nicht ermittelt werden konnte. Das zweite Follow-Up ist abgeschlossen. Die Zahl der Todesfälle hat sich von 16.598 im Jahr 1998 auf 20.919 im Jahr 2003 erhöht. Der Anteil der verstorbenen Personen mit ermittelbarer Todesursache erhöhte sich von 88,2 % auf 93,6 %.

Aufgrund des nunmehr verfügbaren Beobachtungszeitraums von durchschnittlich 33 Jahren, der guten Expositionsabschätzung für Strahlung, Arsen und Staub und der großen Zahl beobachteter Krebstodesfälle stellt die Wismut-Kohorte einen weltweit einzigartigen Datensatz dar. Die anstehenden, weiterführenden Analysen zum Lungenkrebsrisiko werden erstmals Aussagen zum Risiko mehr als 35 Jahre nach Exposition liefern. Des Weiteren erlaubt die große

Fallzahl auch Risikoanalysen zu seltener auftretenden Tumoren wie zum Beispiel Leukämien, Tumoren des Hals-Nasen-Rachenraums, Nieren- oder Lebertumoren. Für diese Tumorarten ist nach wie vor unklar, ob sie durch Radon verursacht werden können. Bisherige Studien geben uneinheitliche Hinweise auf solche Zusammenhänge, sind aber von den Fallzahlen her meist zu klein, um diese Fragen zu beantworten.

Eine neue Zielsetzung im Rahmen der Uranbergarbeiterstudie betrifft die Untersuchung molekularer Effekte von Strahlung und anderen Noxen. Im Jahr 2007 wurden hierzu mehrere Untersuchungsvorhaben gestartet, in denen biologisches Material (z. B.

Blutproben oder Gewebeproben) von ehemaligen Wismutbeschäftigten gesammelt wird. Folgende Ziele werden dabei verfolgt:

- Untersuchung der individuellen Strahlenempfindlichkeit bei sehr jung an Lungenkrebs erkrankten früheren Wismutbeschäftigten.
- Ermittlung potenzieller Eiweißstoffe zur Identifikation von Arsen- und/oder Radonexposition.
- Untersuchung molekularer Muster zur Identifizierung von kombinierten Schadstoffwirkungen bei Lungenkrebs.

FRÜHERKENNUNG VON BRUSTKREBS DURCH RÖNTGENREIHENUNTERSUCHUNGEN

Early Diagnosis of Breast Cancer by Mammography Screening

Ansprechpartnerin:

Elke Nekolla (030 18333-2327)

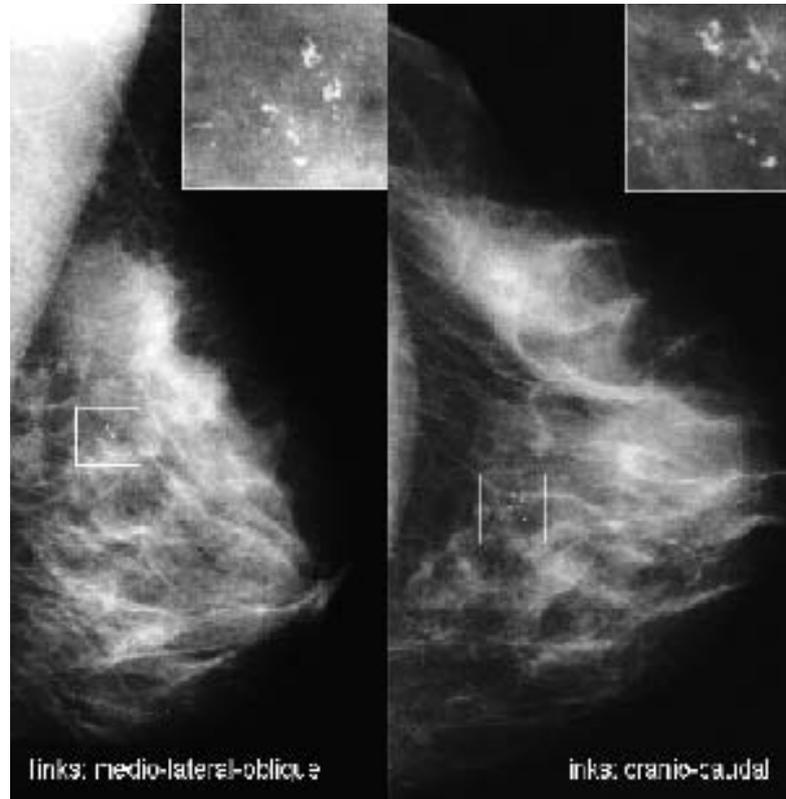
Based on current radio-epidemiological breast cancer studies, the excess lifetime risk (ELR) of 50, 45 and 40-year-old women has been assessed. All estimations were based on the assumption that mammography screening is taking place up to the age of 70 years, with mammograms being performed annually up to the age of 50 and biennially from age 50 onwards (glandular dose per two-view mammography: 4 mSv). Assuming a screening which starts at age 40 or 45, the ELR of breast cancer is three or two fold compared to the ELR associated with screening starting at age 50. Based on the data available – with regard to both, the benefit and the radiation risk – it appears not to be justified to expose women from age 40 years to the additional radiation exposure associated with a mammography screening.

2002 hat der Deutsche Bundestag dem Antrag „Brustkrebs – Mehr Qualität bei der Früherkennung, Versorgung und Forschung – Für ein Mammographie-Screening nach Europäischen Leitlinien“ zugestimmt. Bis zum Jahre 2008 soll ein Mammographie-Screening-Programm nach den strengen Europäischen Leitlinien in Deutschland flächendeckend angeboten werden. Zielgruppe sind alle 50- bis 69-jährigen Frauen ohne Verdacht auf Brustkrebs. Diese erhalten im zweijährigen Abstand eine Einladung zur Mammographie.

In Deutschland erkranken laut Robert-Koch-Institut jährlich rund 55.000 Frauen an Brustkrebs. Das mittlere Erkrankungsalter liegt bei etwa 62 Jahren. Trotz der Fortschritte im Bereich der Therapie in den letzten Jahren sterben insgesamt immer noch etwa 17.600 Frauen jährlich an den Folgen dieser Erkrankung. Die Möglichkeiten der Brustkrebs-Vorsorge sind sehr eingeschränkt. Der Brustkrebs-Früherkennung mittels regelmäßiger Röntgen-Mammographie-Untersuchungen kommt somit ein hoher Stellenwert zu. Allerdings ist ionisierende Strahlung auch ein Risikofaktor für die Entstehung von Brustkrebs. Damit stellt sich die Frage, welche Rolle das Strahlenrisiko im Zusammenhang mit dem Mammographie-Screening-Programm spielt.

Um diese Frage zu beantworten, wurde das zusätzliche Risiko, im weiteren Verlauf des Lebens infolge der regelmäßigen Mammographie-Untersuchungen an Brustkrebs zu erkranken bzw. zu versterben, auf der Basis der aktuellen Studien zu strahlenbedingtem Brustkrebs abgeschätzt („zusätzliches Lebenszeitrisko“). Insbesondere wurde dabei auch der Frage nachgegangen, ob Mammographien im Rahmen eines Brustkrebs-Screenings aus strahlenhygienischer Sicht auch für Frauen unter 50 Jahren zu rechtfertigen wären. Dabei wurde angenommen, dass Mammographie-Untersuchungen bis zum 70. Lebensjahr erfolgen, und zwar bis zum Alter von 50 Jahren in jährlichen, ab 50 Jahren in zweijährlichen Abständen. Die Organdosis pro Mammographie-

Untersuchung (in zwei Ebenen) wurde mit 4 mSv angenommen. Es wurde von einem linearen Zusammenhang zwischen Dosis und Krebsrisiko ohne Annahme einer Schwellendosis (linear non-threshold, LNT) ausgegangen.



Beispiel für eine Screening-Röntgen-Mammographie (beide Standardprojektionen). Auf den Aufnahmen ist (im Rahmen vergrößert dargestellt) ein kleines Mammakarzinom zu sehen, das aufgrund einer Gruppe von Mikroverkalkungen im Bereich der linken Brust entdeckt wurde. (Quelle: Dr. med. H. Junkermann, Leiter des Pilotprogramms „Mammographie Screening Bremen“)

Mithilfe der abgeschätzten Werte für das zusätzliche Lebenszeitrisko wurde eine Nutzen-Risiko-Analyse durchgeführt. Das Verhältnis von Nutzen zu Risiko wurde dabei als die Anzahl "geretteter Leben" infolge des Screenings zur Anzahl von Todesfällen infolge von "strahlenbedingtem Brustkrebs" definiert. Für alle Altersgruppen wurde von einem Nutzen – d. h. einer Verringerung der Brustkrebssterblichkeit infolge des Mammographie-Screenings – von 25 % ausgegangen. Für Frauen zwischen 50 und 70 Jahren stellt die Mammographie nach Aussage der International Agency for Research on Cancer (IARC) die gegenwärtig effektivste Methode einer frühzeitigen Brustkrebsfindung dar. Die IARC schätzt den Nutzen regelmäßiger Mammographie-Untersuchungen in dieser Altersgruppe auf 25 bis 35 %. Bezogen auf die aktuellen Zahlen für Deutschland würde das bedeuten, dass die Anzahl der Brustkrebstodesfälle von derzeit jährlich etwa 7.000 bei den 50- bis 69-jährigen Frauen um 1.750 bis 2.450 Fälle sinken könnte. Die

Expertenkommission der IARC kam jedoch auch zu dem Ergebnis, dass für Frauen, die zwischen 40 und 49 Jahren an einem Mammographie-Screening teilnehmen, bezüglich des Nutzens bislang keine eindeutige Aussage möglich ist. Falls jedoch ein Nutzen, also eine Reduktion der Brustkrebs-Mortalität, tatsächlich existiert, so liegt dieser laut IARC bei etwa 20 %. Zwar geben neuere Ergebnisse von Studien zum Mammographie-Screening Hinweise darauf, dass ein Nutzen auch für Frauen unter 50 Jahren existieren könnte, jedoch lassen auch die neu hinzugekommenen Daten eine Revision der IARC-Bewertung aus 2002 nicht als angezeigt erscheinen.

Das mit dem Mammographie-Screening verbundene Strahlenrisiko

Das Risiko einer 50-jährigen Frau, bis zu ihrem Lebensende "spontan" an Brustkrebs zu erkranken beträgt 8,8 %, d. h. etwa 9 von 100 Frauen im Alter von 50 Jahren werden im Laufe ihres weiteren Lebens an Brustkrebs erkranken. Das aufgrund der Strahlenexposition durch Mammographien zusätzliche Lebenszeitrisiko für eine Frau, die ab 50 Jahren am Mammographie-Screening teilnimmt, beläuft sich – je nach Studie zu strahlenbedingtem Brustkrebs und Risikomodell – auf 0,01 % bis 0,1 %. Nach dem aktuellsten Risikomodell liegt der Wert bei etwa 0,025 %. Im Vergleich zum „spontanen“ Brustkrebsrisiko einer 50-jährigen Frau ist das Ausmaß einer Erhöhung des Brustkrebsrisikos infolge eines Mammographie-Screenings somit gering. Bei einem Beginn des Screenings ab 45 Jahren (im Vergleich zu einem Screening ab 50 Jahren) verdoppelt sich aber das zusätzliche Lebenszeitrisiko, an Brustkrebs zu erkranken (nach dem aktuellsten Risikomodell auf 0,05 %). Würden Screening-Mammographien bereits ab einem Alter von 40 Jahren durchgeführt werden (statt ab 50 Jahren), würde sich das zusätzliche Lebenszeitrisiko für Brustkrebs mehr als verdreifachen (0,09 %).

Verhältnis von Nutzen zu Risiko

Das Nutzen-Risiko-Verhältnis, das sich für Frauen ergibt, die ab 50 Jahren an einem Mammographie-Screening teilnehmen, liegt nach dem aktuellsten Risikomodell bei etwa 45, d. h. der Nutzen eines Mammographie-Screenings für diese Altersgruppe ist etwa 45-mal höher als das Strahlenrisiko: D. h. auf einen Brustkrebssterbefall, der aufgrund

der mit dem Mammographie-Screening verbundenen Strahlenexposition erwartet wird, kommen etwa 45 Frauen, deren Leben durch das Screening gerettet werden. Im Vergleich zum Nutzen-Risiko-Verhältnis, das sich für Frauen ergibt, die ab 50 Jahren an einem Mammographie-Screening teilnehmen, verringert sich das Nutzen-Risiko-Verhältnis für Frauen, die ab 40 bzw. ab 45 Jahren ihre erste Screening-Mammographie erhalten, im Mittel um etwa den Faktor 3 bzw. den Faktor 2. Dabei wurde von einem für alle Altersgruppen gleich großen Nutzen ausgegangen (Mortalitätsreduktion von 25 %). Nimmt man für die bei Screening-Beginn Jüngerer einen geringeren Nutzen an, so verringern sich die Werte für das Nutzen-Risiko-Verhältnis entsprechend.

Fazit

Für die Diskussion um Nutzen und Risiko des Deutschen Mammographie-Screening-Programms bei Frauen zwischen 50 und 70 Jahren ist das Strahlenrisiko nicht die ausschlaggebende Größe. Dagegen ist bei der derzeitigen Datenlage – sowohl bzgl. des Nutzens als auch bzgl. des Strahlenrisikos – nicht zu rechtfertigen, Frauen bereits ab 40 Jahren der mit einem Mammographie-Screening verbundenen zusätzlichen Strahlenexposition auszusetzen. Anders ist die Situation für Frauen ab 45 Jahren zu bewerten. Hier erscheint die derzeit laufende Diskussion bezüglich der Einbeziehung dieser Altersgruppe in das Mammographie-Screenings aus fachlicher Sicht nachvollziehbar. Eine Brustkrebs-Früherkennung bei Frauen unter 50 Jahren wäre allerdings – wenn überhaupt – nur im Rahmen eines etablierten Mammographie-Screening-Programms mit organisiertem Einladungs-wesen und funktionsfähiger Qualitätskontrolle denkbar. Denn für Brustkrebs-Früherkennungsmaßnahmen bei Frauen unter 50 Jahren sind höchste Qualitätsanforderungen an die Gerätetechnik sowie an die technischen und ärztlichen Mitarbeiter – so wie sie im Rahmen des laufenden Mammographie-Screening-Programms für Frauen zwischen 50 und 69 Jahren festgelegt sind – unabdingbar. Deshalb sollte diese Frage bis zur vollständigen Implementierung und Etablierung des deutschen Mammographie-Screening-Programms zurückgestellt werden.

STRAHLENBELASTUNG BEIM RÖNTGEN: DIE ROLLE DER SO GENANNTEN TEILGEBIETS RADIOLOGIE IN DEUTSCHLAND

Radiation Exposure due to X-ray Procedures: Contribution of Non-Radiologists in Germany

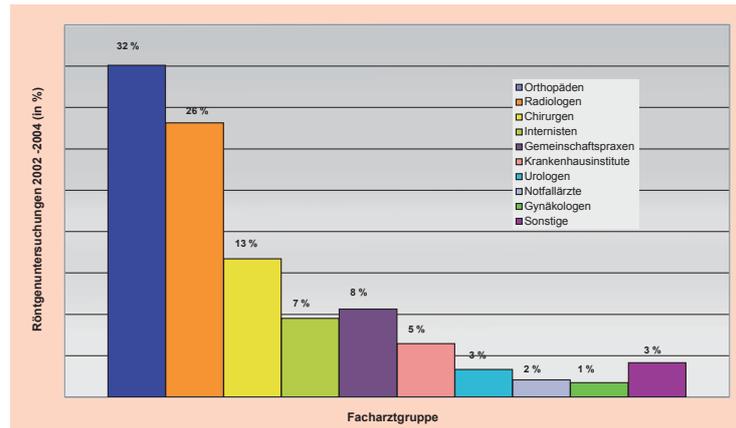
Ansprechpartnerin:

Elke Nekolla (030 18333-2327)

Compared to other European countries Germany is in the upper range with regard to both, frequency of medical X-ray examinations (1.7 annually per head of population on average for 2002 to 2004) and collective effective dose (1.8 mSv annually per head of population). There are about 19,000 non-radiologists performing X-ray examinations on out-patients in contrast to about 2,800 radiologists. Therefore, the question was raised to what extent non-radiologists contribute to frequency of X-ray examinations and collective dose in Germany. About 25 % of all X-ray exams on out-patients are performed by radiologists, whereas about one third are performed by orthopaedists, about 13 % by surgeons, and about 7 % by internists. However, about 50 % of the collective effective dose results from X-ray examinations done by radiologists (mainly due to the more frequent use of computer tomography).

In den Jahren 2002 bis 2004 wurden in Deutschland im Mittel 1,7 Röntgenuntersuchungen pro Einwohner und Jahr durchgeführt. Die daraus resultierende effektive Dosis liegt bei 1,8 mSv pro Einwohner und Jahr. Damit liegt Deutschland im internationalen Vergleich im oberen Bereich.

chungen gesetzlich Krankenversicherter im ambulanten Bereich. Für die Abschätzung der effektiven Dosis der einzelnen Untersuchungsverfahren wurden aktuelle Erhebungen zur Computertomographie-Untersuchungspraxis in Deutschland und die Ergebnisse neuerer, vom BMU geförderter Untersuchungsvorhaben zur Dosisermittlung im konventionellen Bereich sowie aus der aktuellen Literatur berücksichtigt.



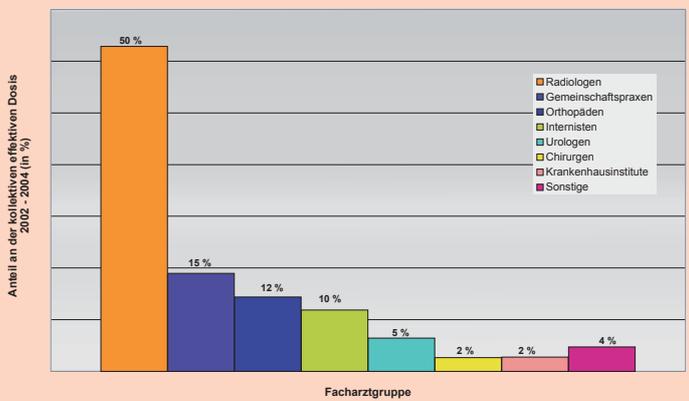
Anteil der in Deutschland in den Jahren 2002 bis 2004 über die KBV abgerechneten Röntgenuntersuchungen nach Facharztgruppen

In Deutschland wurden in den Jahren 2002 bis 2004 bei gesetzlich Krankenversicherten im ambulanten Bereich 26 % aller Röntgenuntersuchungen von Vollgebietsradiologen, 32 % von Orthopäden, 13 % von Chirurgen und 7 % von Internisten abgerechnet (siehe Abb. oben). Demgegenüber resultieren 50 % der kollektiven effektiven Dosis aus Röntgenuntersuchungen, die von Vollgebietsradiologen erbracht wurden. Röntgenuntersuchungen, die von Orthopäden, Chirurgen bzw. Internisten durchgeführt wurden, trugen 12 %, 2 % bzw. 10 % zur kollektiven effektiven Dosis bei (siehe Abb. links).

Aufgrund der unterschiedlichen Untersuchungsspektren beträgt die geschätzte effektive Dosis pro Untersuchung im Mittel bei Radiologen 2,4 mSv, bei Gemeinschaftspraxen 2,2 mSv, bei Urologen 2,4 mSv, bei Internisten 1,6 mSv, bei Orthopäden 0,4 mSv und bei Chirurgen 0,2 mSv.

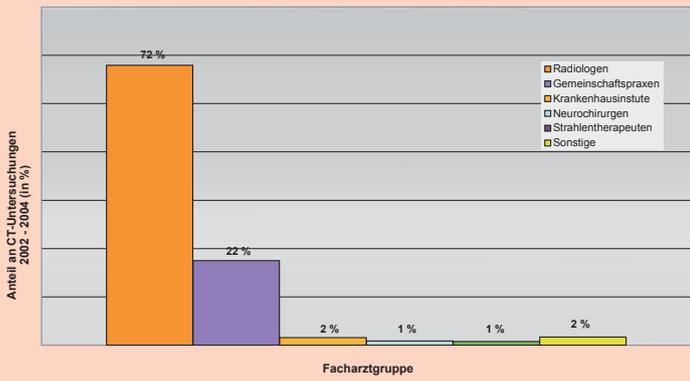
Computertomographie

Die Computertomographie (CT) ist ein dosisintensives Verfahren, welches zunehmend häufiger in der Röntgendiagnostik eingesetzt wird. Für alle Facharztgruppen zusammengenommen betrug der Anteil der CT an allen Untersuchungen 8 % und an der kollektiven effektiven Dosis 56 %. Dagegen lag bei den Vollgebietsradiologen der Anteil der CT an allen Untersuchungen bei 22 % und an der kollektiven effektiven Dosis bei 79 %. Insgesamt wurden Computertomographien zu 72 % von Radiologen erbracht (siehe Abb. auf Seite 66 oben links).



Beitrag der in Deutschland in den Jahren 2002 bis 2004 über die KBV (Kassenärztliche Bundesvereinigung) abgerechneten Röntgenuntersuchungen zur kollektiven effektiven Dosis nach Facharztgruppen

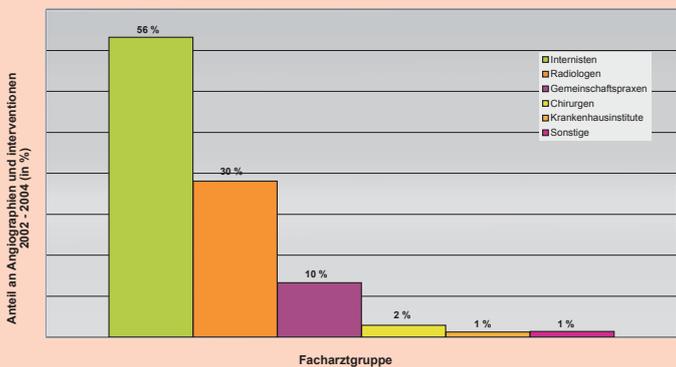
In Deutschland nehmen ca. 19.000 so genannte Teilgebietsradiologen, d. h. Fachärzte, die die Fachkunde für ein Teilgebiet der Radiologie besitzen, beispielsweise Orthopäden, Internisten oder Chirurgen, an der vertragsärztlichen Versorgung teil. Lediglich etwa 2.800 so genannte Vollgebietsradiologen, d. h. Fachärzte mit Fachkunde im gesamten Bereich der Radiologie, arbeiten im ambulanten Bereich. Um die Frage zu beantworten, in welchem Maße die Teilgebietsradiologen zur Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen in Deutschland und der daraus resultierenden kollektiven effektiven Dosis beitragen, wurden beide Größen nach Facharztgruppen differenziert. Die hier präsentierten Ergebnisse beziehen sich auf Röntgenuntersu-



Anteil der in Deutschland in den Jahren 2002 bis 2004 über die KBV abgerechneten Computertomographien nach Facharztgruppen

Angiographien und interventionelle Maßnahmen

Die Röntgen-Angiographie, d. h. die Darstellung von Blutgefäßen mittels Röntgenverfahren, sowie eine damit häufig einhergehende interventionelle Maßnahme (beispielsweise die Erweiterung von verengten oder verschlossenen Blutgefäßen) sind vergleichsweise selten, jedoch ebenfalls mit einer relativ hohen effektiven Dosis pro Untersuchung/ Eingriff verbunden. So betrug für alle Facharztgruppen zusammengenommen der Anteil von Angiographien und interventionellen Maßnahmen an allen Untersuchungen lediglich 1 %, ihr Beitrag zur kollektiven effektiven Dosis lag jedoch bei 9 %. Dagegen betrug bei den Internisten der Anteil der Angiographien und interventionellen Maßnahmen an allen Untersuchungen 10 %. Dementsprechend hoch war der Anteil an der kollektiven effektiven Dosis (64 %). Vollgebietsradiologen führen Angiographien und interventionelle Maßnahmen eher selten durch (Anteil der Häufigkeit an allen Untersuchungen: 1 %; Anteil an der kollektiven effektiven Dosis: 4 %). Insgesamt wurden Angiographien und interventionelle Maßnahmen zu 57 % von Internisten und zu 29 % von Radiologen erbracht (siehe folgende Abb.).

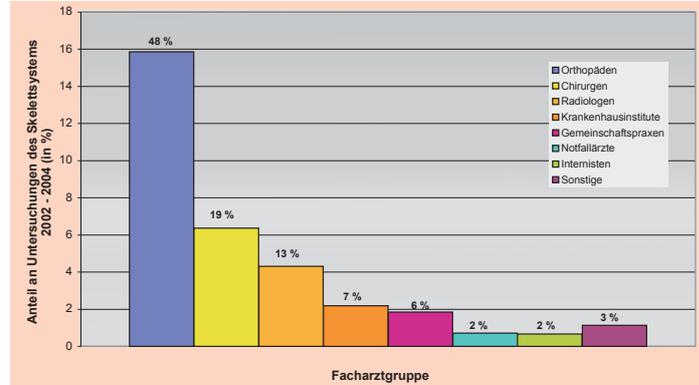


Anteil der in Deutschland in den Jahren 2002 bis 2004 über die KBV abgerechneten Angiographien und interventionellen Maßnahmen nach Facharztgruppen

Röntgenuntersuchungen des Skelettsystems (Schädel, Schultergürtel, Beckengürtel, Extremitäten, Wirbelsäule)

Röntgenuntersuchungen des Skelettsystems werden im ambulanten Bereich recht häufig durchgeführt. Für alle Fach-

arztgruppen zusammengenommen betrug hier der Anteil an allen Röntgenuntersuchungen 65 % und der Beitrag zur kollektiven effektiven Dosis lag bei 18 %. Hauptsächlich werden Röntgenuntersuchungen des Skelettsystems von Orthopäden durchgeführt, nämlich zu 48 %, und lediglich zu 13 % von Vollgebietsradiologen erbracht (siehe folgende Abb.).



Anteil der in Deutschland in den Jahren 2002 bis 2004 über die KBV abgerechneten Röntgenuntersuchungen des Skelettsystems (Schädel, Schultergürtel, Beckengürtel, Extremitäten, Wirbelsäule) nach Facharztgruppen

Fazit

Etwa drei Viertel der bei gesetzlich Krankenversicherten im ambulanten Bereich durchgeführten Röntgenuntersuchungen werden von Teilgebietsradiologen erbracht. Allerdings tragen die von Vollgebietsradiologen durchgeführten Röntgenuntersuchungen mindestens die Hälfte zur kollektiven effektiven Dosis bei. Dabei bleibt unberücksichtigt, aus welchen Fachgebieten sich „Gemeinschaftspraxen“ zusammensetzen (hierzu liegen keine näheren Angaben vor). Die relativ hohe mittlere effektive Dosis pro Untersuchung (2,2 mSv) sowie eine sehr ähnliche Verteilung der Untersuchungskategorien (insbesondere der hohe Anteil von Computertomographien) legt jedoch die Vermutung nahe, dass es sich bei den Gemeinschaftspraxen häufig um Radiologen-Praxen handelt.

Eine Einschränkung der Untersuchungshäufigkeit in der Teilgebietsradiologie dürfte somit in geringerem Maße zu einer Verringerung der kollektiven effektiven Dosis führen als erwartet, da dieser Personenkreis zum größeren Teil Untersuchungen durchgeführt, die im unteren Dosisbereich liegen. Dennoch ist in der Teilgebietsradiologie das Problem der Selbstzuweisung zu beachten. Eine Selbstzuweisung liegt dann vor, wenn ein Arzt bei der Behandlung seines Patienten Röntgenuntersuchungen veranlasst, die er selbst durchführt. Selbstzuweisungen sind unter strahlenhygienischen Aspekten kritisch zu hinterfragen. Auch wenn in der Teilgebietsradiologie im Mittel die Dosis pro Untersuchung geringer ist als für alle Röntgenuntersuchungen zusammengenommen, so gibt es doch auch hier Anwendungsbereiche, in denen die medizinische Strahlenbelastung für den einzelnen Patienten höhere Werte annimmt, z. B. bei Angiographien der Herzkranzgefäße. Gerade deswegen ist aus Sicht des BFS eine Sensibilisierung der Patienten für das Problem der so genannten Selbstzuweisung wichtig.

KONZEPTE VON EUROPÄISCHER UNION UND INTERNATIONALER ATOMENERGIE ORGANISATION ZUR FREIGABE SCHWACH RADIOAKTIVER STOFFE

Concepts of EU and IAEA to the Definition of Clearance Levels for Low Level Radioactive Substances

Ansprechpartner/in:

Liebetraud Hornung (030 18333-2540)
Günther Schaller¹

The concepts for the derivation of clearance levels between the European Union (EU) and the International Atomic Energy Agency (IAEA) differ mainly in two aspects: (i) Both, EU and IAEA, are defining realistic exposure scenarios and parameters, resulting in effective doses of 10 µSv per year for individuals of the public. IAEA, however, rather considers realistic scenarios as high probability scenarios; additionally low probability scenarios are introduced leading to doses of 1 mSv per year. (ii) Contrarily to EU, IAEA has not derived clearance levels for natural radionuclides, which are or have been processed in view of their radioactive properties, in the same way as for artificial radionuclides. Those have been set up on the basis of their natural occurrence. In detail, the EU concept shows conservatism in assuming no decay time between the clearance measurement and the beginning of the exposure scenario. On the other hand, regarding its ingestion scenarios EU is less restrictive than IAEA. EU scenarios are not enveloping all reasonably possible ingestion pathways of contaminated food. Integrating the more realistic ingestion scenarios and parameters of IAEA into the EU concept and taking into account the above-mentioned decay times seems to be a good basis for the upcoming revision of EU clearance regulations. The thus modified EU clearance levels are considered to be more appropriate for the purpose than the corresponding IAEA levels.

Beim Rückbau von Kernkraftwerken fallen große Materialmengen an, von denen der überwiegende Teil während des Betriebs und der Stilllegung nicht oder nur schwach radioaktiv kontaminiert oder aktiviert wurde. Den Hauptanteil bilden Baustoffe, die im Zuge der Freigabe, d. h. der Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung, wieder dem konventionellen Stoffkreislauf zugeführt werden können. Zur Frage, unter welchen Bedingungen schwach radioaktive Stoffe freigegeben werden können, hat sich international ein Konsens gebildet, wonach eine Freigabe solcher Stoffe dann verantwortet werden kann, wenn sie für Einzelpersonen der Bevölkerung nur zu geringfügigen Strahlenexpositionen, die allenfalls im Bereich von 10 Mikrosievert (µSv) im Kalenderjahr liegen, führt. Dieses Schutzziel ist immer Ausgangspunkt bei der Herleitung von Freigabewerten.

Die Freigabe von radioaktiven Stoffen basiert auf der Entscheidung, ob die freizugebenden Stoffe juristisch als radioaktiv einzustufen sind oder nicht. Die Abgrenzung erfolgt über Entscheidungsmessungen und den Vergleich mit entsprechenden Freigabewerten.

¹ehemaliger Mitarbeiter des BfS

Die EU-Grundnormen enthalten keine Freigabewerte. Bislang stellt die EU ihren Mitgliedstaaten für die Festlegung der Freigabewerte nur Grundsätze zu Verfügung. Im Rahmen der bevorstehenden Fortschreibung der EU-Grundnormen wird jedoch die Einführung solcher Richtwerte für die uneingeschränkte Freigabe, bei der keine Bedingungen an die weitere Verwendung und Verwertung der freigegebenen Stoffe gestellt werden, angestrebt. Derartige Datensätze wurden bereits von einer Artikel-31-Expertengruppe der EU erarbeitet und in der Radiation Protection Series No. 122 im Jahre 2000 veröffentlicht. Fünf Jahre später hat die IAEA in der Safety Reports Series No. 44 ebenfalls die Herleitung von Richtwerten und einen entsprechenden Datensatz veröffentlicht, der für die Freigabe angewandt werden kann.

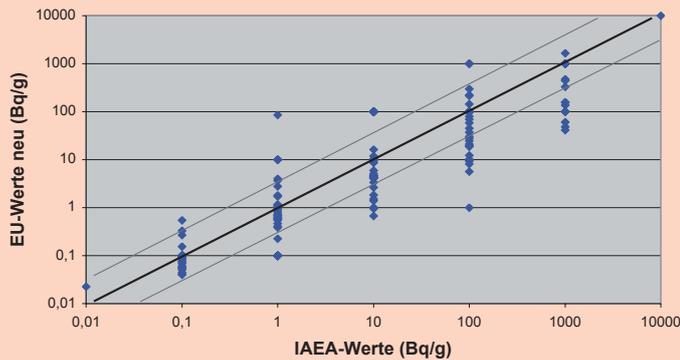
Das BfS hat die Modelle, Szenarien und Parameter beider Veröffentlichungen verglichen und auf ihre Vollständigkeit sowie Plausibilität geprüft. Die jeweiligen Expositionsmodelle unterscheiden sich nur wenig. Ein grundsätzlicher Unterschied besteht jedoch darin, dass im Konzept der IAEA bei der Herleitung der Freigabewerte zusätzlich zu realistischen (im Sinne von wahrscheinlichen) Szenarien und Parametern auch Szenarien mit geringer Wahrscheinlichkeit betrachtet werden. Für die realistischen/wahrscheinlichen Szenarien wird hierbei – wie im EU-Konzept auch – der Dosisrichtwert von 10 µSv in einem Kalenderjahr zugrunde gelegt, für wenig wahrscheinliche Szenarien dagegen ein Wert von 1 mSv/a.

Diese Vorgehensweise beinhaltet folgende Probleme:

1. Eine Unterscheidung, ob eine (künftige) Situation realistisch/wahrscheinlich oder wenig wahrscheinlich ist, ist nicht immer eindeutig zu treffen. Mindestens in einem Fall ist diese Einstufung durch die IAEA nachweislich nicht zutreffend: Als unwahrscheinlich wurde beispielsweise angenommen, dass Kleinkinder 100 g Schmutz in einem Jahr über verschmutzte Hände inkorporieren. Messungen im Rahmen eines Untersuchungsvorhabens des BfS haben aber ergeben, dass diese Ingestion durchaus realistisch ist.
2. Auch formal ergibt sich aus der Berücksichtigung wenig wahrscheinlicher Szenarien ein Widerspruch: Für die effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung infolge genehmigungspflichtiger Tätigkeiten gilt insgesamt der Grenzwert von 1 mSv pro Jahr, der nicht überschritten werden darf. Richtwerte wie ein Dosisrichtwert von 1 mSv können aber grundsätzlich überschritten werden.
3. Der Grundsatz, dass aus der Freigabe von Stoffen nur eine geringfügige Dosis resultieren darf, wird nicht mehr eingehalten, da der Wert von 1 mSv im

Bereich der Freigabe als nicht mehr unerheblich angesehen wird.

Im Übrigen sind in allen Fällen, in denen die wenig wahrscheinlichen Szenarien zum Tragen kommen würden, die Freigabewerte mindestens gleich groß bzw. größer als die entsprechenden Freigrenzen. Ergibt sich bei der Herleitung ein Freigabewert oberhalb der Freigrenze, wird er grundsätzlich der Freigrenze gleichgesetzt. Freigrenzen definieren die Grenze, oberhalb der ein Umgang mit diesen Stoffen einer Genehmigung bedarf.



Gegenüberstellung der modifizierten EU-Freigabewerte mit denen der IAEA. Die Werte innerhalb der grauen Geraden liegen im Bereich der Rundung auf Größenordnungen. Unterhalb der unteren grauen Geraden liegen die gegenüber den IAEA-Werten kleineren EU-Freigabewerte. Jeder Punkt gehört zu einem Radionuklid und wird durch die beiden zugehörigen Freigabewerte bestimmt

Ein zweiter grundsätzlicher Unterschied der EU- und IAEA-Konzepte besteht in der Herleitung der Freigabewerte für natürliche Radionuklide, die Gegenstand eines genehmigungspflichtigen Umganges sind. Die EU berechnet für diese Radionuklide Freigabewerte in gleicher Weise wie für künstliche Radionuklide. Die IAEA setzt dagegen Werte fest, die sich an den Gehalten natürlicher Radionuklide in natürlich vorkommenden Materialien orientieren. Das BfS unterstützt hier das Konzept der EU und trennt den genehmigungspflichtigen Umgang von demjenigen Umgang mit Stoffen, die natürliche Radionuklide enthalten, aber nicht wegen der radioaktiven Eigenschaften genutzt werden.

Das Konzept der EU unterscheidet sich von dem der IAEA bei Arbeitsplatzszenarien in einem wesentlichen Punkt: Während die IAEA bei Arbeitsplatzszenarien (Deponie- bzw. Transportarbeiter beim Umgang großer Massen freigegebener Stoffe) die Expositionspfade Inhalation, externe Bestrahlung und versehentliche Ingestion in einem Szenarium zusammenfasst, berücksichtigt die EU nur die jeweils dosisführenden einzelnen Expositionspfade. Diese Vorgehensweise scheint die Dosen für den Arbeiter zu unterschätzen. Die Prüfung durch das BfS ergab aber, dass bei nahezu allen Radionukliden die Dosisumme nur unwesentlich höher ist als die höchste Einzeldosis. Die Rundung der Werte auf Größenordnungen haben meist einen stärkeren Einfluss auf den Freigabewert. Somit kann die vereinfachte Vorgehensweise der EU beibehalten werden. Die Ingestionsszenarien der EU betreffen die unbeabsichtigte Aufnahme über verschmutzte Hände und sind wesentlich einfacher modelliert als die komplexen Modelle der IAEA. Das BfS hat auch hier geprüft, ob bei der EU möglicherweise Strahlenexpositionen unterschätzt werden. Für einige Radionuklide, meist langlebige Betastrahler, trifft dies zu. Daher wird vorgeschlagen, das Szenarium des Gemüseanbaus auf kontaminierten Flächen und den Wasserpfad der IAEA im Konzept der EU zu berücksichtigen.

Konservativ ist im Konzept der EU, dass zwischen der Freimessung und dem Beginn der potenziellen Exposition kein oder nur ein kurzer Zeitraum angenommen wird, obwohl dazwischen zumindest der behördliche Akt der Freigabe liegt. Nach Verlängerung dieses Zeitraums auf 30 Tage entsprechend der Annahme bei der IAEA werden die Freigabewerte von sehr kurzlebigen Radionukliden z. T. deutlich höher.

Der Vergleich des modifizierten Datensatzes der EU mit dem der IAEA zeigt, dass die Werte überwiegend vergleichbar sind (siehe Abbildung links oben). Bei langlebigen Alphastrahlern sind die Werte der EU jedoch z. T. deutlich restriktiver.

Die Antwort auf die oben gestellte Frage, ob der Datensatz der EU oder der IAEA als Freigabewerte in die neuen EU-Grundnormen übernommen werden soll, fällt aus der Sicht des BfS derzeit eher zu Gunsten der modifizierten EU-Werte aus.

MESSTATION SCHAUINSLAND: 50 JAHRE SUCHE NACH RADIOAKTIVEN SPUREN

Schauinsland Measuring Station: 50 Years in Search for Radioactive Traces

Ansprechpartnerin:

Jacqueline Bieringer (030 18333-6771)

For 50 years atmospheric radioactivity has been monitored at the measuring station at mount Schauinsland (1200 m asl) near Freiburg. In the late 1950^{ies} and early 1960^{ies} measurements of cosmic radiation and fallout from nuclear weapons were the main tasks. With the end of atmospheric nuclear weapon tests in 1980 measurements of environmental radioactivity gained importance. After the Chernobyl accident the station was integrated in BfS in 1989. Nowadays the station is part of the "Integrated Measuring and Information System" (IMIS) and of European networks ("Sparse and Dense Network") for the surveillance of environmental radioactivity. In addition it is one of 80 stations worldwide in the "International Monitoring System" (IMS) for the verification of the "Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty" (CTBT). Measurements in the framework of trace analysis are performed with very high sensitivity which allow to monitor environmental radioactivity on a very low activity scale with concentrations in air of about less than 1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Seit 50 Jahren wird auf dem Hausberg Freiburgs – dem Schauinsland – auf 1200 m Höhe eine Messstation zur kontinuierlichen Überwachung der atmosphärischen Radioaktivität betrieben. Es begann mit der Messung von kosmischer Strahlung und von Kernwaffenfallout, der in den späten 1950er und frühen 1960er Jahren einen messbaren Beitrag zur Strahlenbelastung der Bevölkerung lieferte. Bereits im März 1953 wurde als Ursache eines erhöhten Aktivitätspegels an der Messstation ein oberirdischer Atombombentest in der Wüste von Nevada in den USA identifiziert. Mit dem Ende der oberirdischen Kernwaffentests im Jahre 1980 verlagerten sich die Aufgabenschwerpunkte der Station. Diese waren nun die Messung der Umweltradioaktivität, insbesondere in Hinblick auf Emissionen kerntechnischer Anlagen, und das Verständnis atmosphärischer Transportvorgänge. Als nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl klar wurde, dass Messstationen, insbesondere in exponierter Lage, eine wichtige Frühwarnfunktion haben, wurde die Station 1989 dem neu gegründeten BfS angegliedert. Sie ist heute Teil des nach dem Unfall von Tschernobyl ausgebauten „Integrierten Mess- und Informationssystems“ (IMIS) zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt sowie der europäischen Netze von Radioaktivitätsmessstellen („Sparse and Dense Network“). Schließlich wurde die Station 1996 im „Vertrag zum umfassenden Verbot von Nuklearversuchen“ (CTBT) als eine von weltweit 80 Radionuklidmessstationen in das internationale Messsystem (IMS) aufgenommen und konnte damit an eine ursprüngliche Aufgabe wieder anknüpfen.

Eine Besonderheit an dieser Messstation ist die vorhandene messtechnische Ausrüstung, die sowohl Messungen



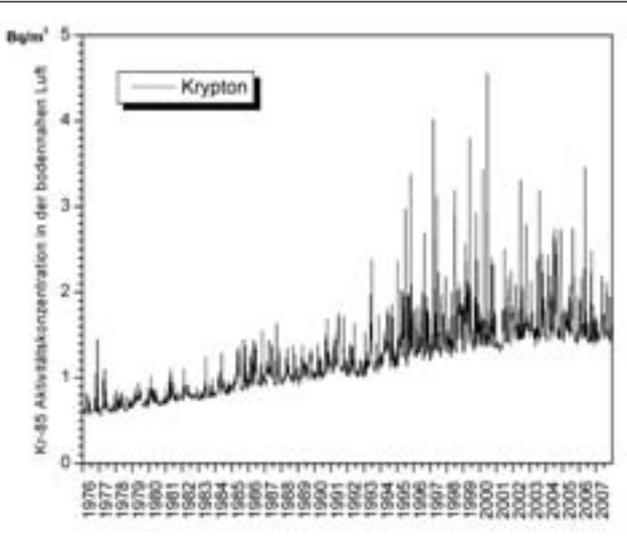
Die Messstation Schauinsland im Jahre 1957 (Zeichnung)

im Rahmen der Spurenanalyse ermöglicht als auch Messsysteme für den Notfallschutz beinhaltet. Mit den Methoden der Spurenanalyse werden insbesondere geringste Mengen von radioaktiven Stoffen in der bodennahen Luft bestimmt. Bei Radionukliden, die an Luftstaub gebunden sind, können – je nach Radionuklid-Aktivitätskonzentrationen von weniger als 1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft nachgewiesen werden, radioaktive Xenonisotope mit Aktivitätskonzentrationen von ca. 1 mBq/m^3 Luft. Darüber hinaus werden die Aktivitätskonzentrationen von gasförmigem Iod und dem radioaktiven Edelgas Krypton-85 routinemäßig bestimmt. Diese empfindlichen Messmethoden ermöglichen es, die Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden in der Umwelt auf niedrigstem Aktivitätsniveau zu verfolgen und kurz- und langfristige Änderungen sichtbar zu machen.



Die Messstation Schauinsland im Jahre 2007

Die Messung radioaktiver Edelgase ist eine sehr sensitive Methode zur Überwachung nuklearer Aktivitäten. An der Messstation Schauinsland werden atmosphärisches radioaktives Xenon und Kr-85 kontinuierlich seit Mitte der 70er Jahre überwacht. Die Station ist Bestandteil eines weltweiten Kr-85-Messnetzes des BfS. Die atmosphärische Aktivität von Kr-85 gibt Aufschluss über das Ausmaß der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen. Diese Messergebnisse dienen auch anderen wissenschaftlichen Einrichtungen zum Studium atmosphärischer Transportprozesse.



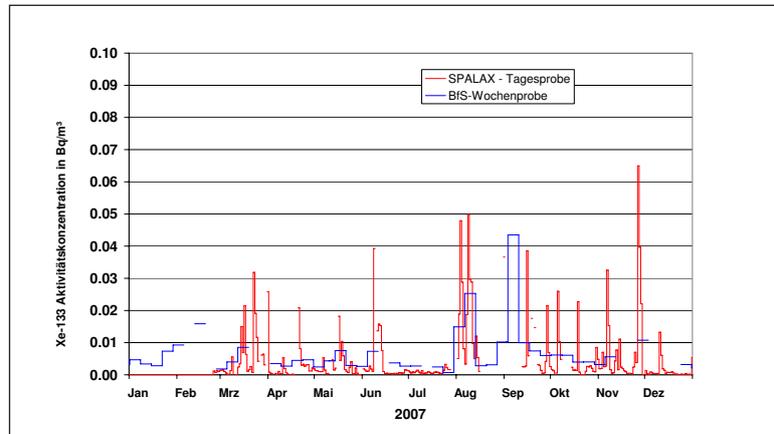
Zeitverlauf der Kr-85-Aktivitätskonzentration an der Station Schauinsland (1976 - 2007)

Der empfindliche nuklidspezifische Nachweis der radioaktiven Xenonisotope Xe-133, Xe-131m, Xe-133m und Xe-135 läßt sich darüber hinaus für den Nachweis von Kernwaffentests nutzen. Radioaktives Xenon entweicht bei unterirdischen Testexplosionen in die Atmosphäre in charakteristischen Isotopenverhältnissen. Zur Überwachung des Kernwaffenteststopabkommens wird daher an der Messstation eines von weltweit 40 automatisch arbeitenden Messsystemen für den nuklidspezifischen Nachweis von radioaktivem Xenon betrieben. Mit Hilfe dieses Systems SPALAX läßt sich bei seismisch identifizierten Explosionen entscheiden, ob es sich tatsächlich um einen unterirdischen Kernwaffentest handelte.

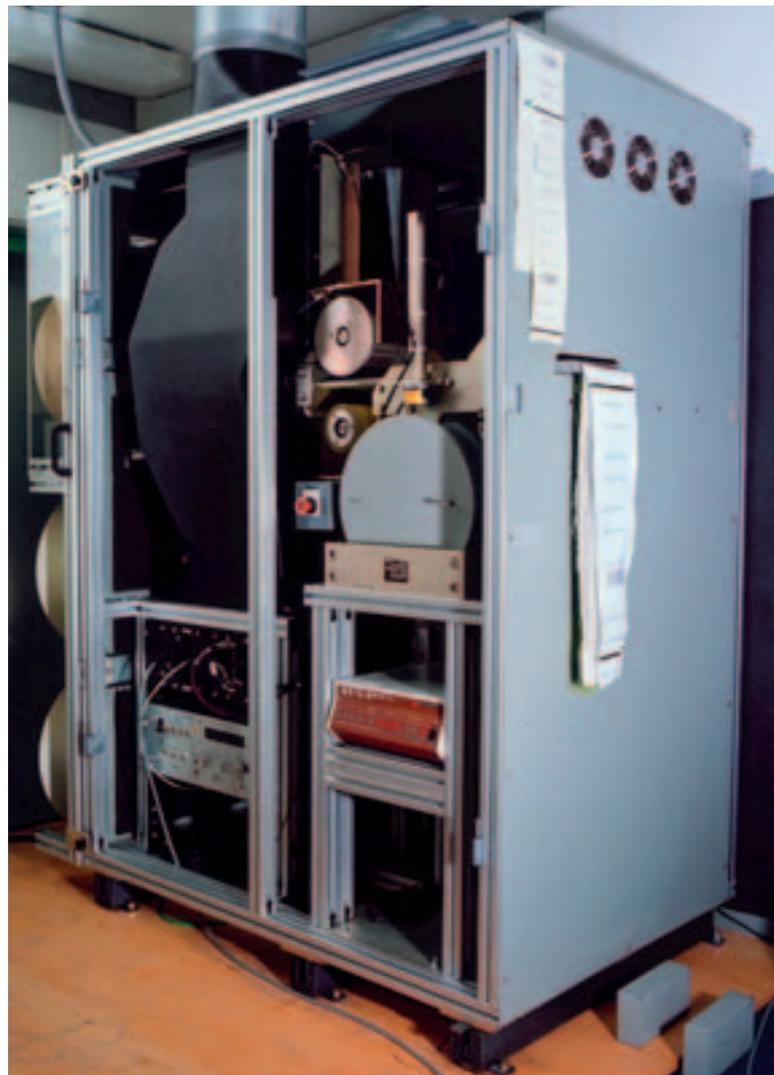
Daneben wird zusätzlich das vollautomatisches System „RASA“ zum Sammeln und zur Messung von aerosolgebundenen Radionukliden mit einem Luftdurchsatz von ca. 1000 m³/h betrieben. In den anfallenden Tagesproben können Aktivitätskonzentrationen von wenigen µBq/m³ nachgewiesen werden. Mit Hilfe dieser Aerosolmessungen ist praktisch jeder oberirdische Kernwaffentest auf der Nordhalbkugel nachweisbar.

Bei der Spurenanalyse werden die Proben für radioaktive Edelgase (Kr-85 und Xenon), für gasförmiges Iod sowie für aerosolgebundene Radionuklide manuell genommen. Der Sammelzeitraum beträgt bei diesen Systemen im Routinebetrieb jeweils eine Woche. Die Proben werden in den Labors des BfS in Freiburg analysiert. Im Vergleich zu den

automatisch arbeitenden Systemen können hierbei für die meisten Radionuklide niedrigere Nachweisgrenzen erreicht werden, da durch den Sammelzeitraum das erfasste Luftvolumen größer ist. Darüber hinaus sind längere Messzeiten möglich. Die folgende Abbildung zeigt den Vergleich der aus Tagesproben (SPALAX-System) ermittelten



Zeitreihe der Xe-133-Aktivitätskonzentration aus SPALAX-Tagesproben im Vergleich mit den Wochenproben der Spurenanalyse

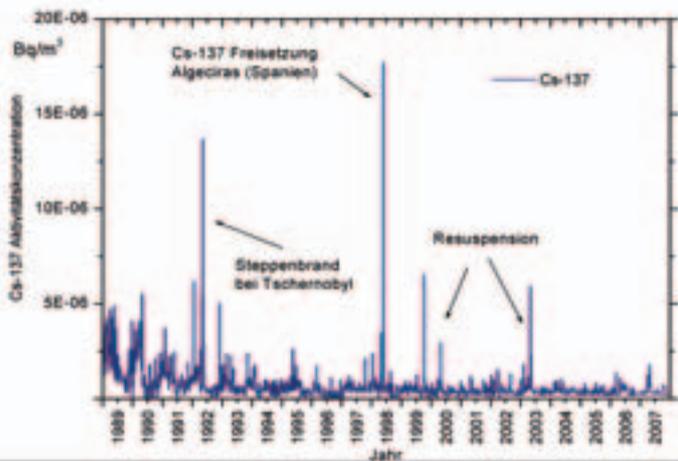


RASA-System zum Sammeln und Messen von aerosolgebundenen Radionukliden

Xe-133-Aktivitätskonzentrationen mit denen aus Wochenproben (Spurenanalyse) bestimmten Werten. Aus dem Vergleich wird ersichtlich, dass die zeitweise in den Wochenproben beobachteten Erhöhungen der Aktivitätskonzentration in der Regel durch kurzzeitige Aktivitätseinträge über den Zeitraum eines Tages erzeugt werden. Die hohe zeitliche Auflösung der Messwerte verbessert die Chancen der Lokalisierung möglicher Emittenten mittels atmosphärischer Ausbreitungsrechnungen.

tiven Xenons bzw. des Kr-85 mit Hilfe einer integralen Betamessung bestimmt. Die Luftstaubproben und das gasförmige Iod werden mit Hilfe gammaspektrometrischer Messungen untersucht. Als Beispiel für die Ergebnisse der gammaspektrometrischen Messungen an Luftstaubproben ist in der Abbildung links unten der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration von Cäsium-137 dargestellt. Derzeit beträgt die Aktivitätskonzentration im Jahresmittel ca. $0,4 \text{ Bq/m}^3$. Kurzfristige Erhöhungen der Aktivitätskonzentration von Cs-137 in der Luft treten vereinzelt, insbesondere bei Ostwind-Wetterlagen, auf. Sie sind durch verstärkte Resuspension (z. B. bei langer Trockenheit) des Cäsiums aus höher belasteten Regionen in der Gegend um Tschernobyl erklärbar. Mit Hilfe radiochemischer Analysemethoden werden spezielle Nuklide wie Strontium, Uran und Plutonium aus den Luftstaubproben isoliert und anschließend die Aktivitätskonzentrationen bestimmt. Die anfallenden Daten werden für das Integrierte Mess- und Informationssystem (IMIS) und den internationalen Datenaustausch bereitgestellt.

Die Station Schauinsland ist nicht nur Bestandteil des IMIS und des IMS (CTBT), sondern ist eine der vier deutschen Stationen des weitmaschigen Netzwerks der Europäischen Union („Sparse Network“). Nach Artikel 35 des EURATOM-Vertrags werden die dort erhobenen Daten der Gammaortsdosisleistung (s. Beitrag: Die EURADOS-Interkalibrationsmessstelle auf der Messstation Schauinsland, S. 75 ff.) und Aktivitätskonzentrationen im Luftstaub gegenüber der EU berichtet.



Zeitreihe der Aktivitätskonzentration von Cs-137 an der Messstation Schauinsland

Die Edelgasproben werden gereinigt, die Isotope gaschromatisch getrennt und die Aktivität des radioak-

BODENNAHE RADONMESSUNGEN IN BERGBAUGEBIETEN

Ground Level Measurements of Radon in Mining Regions

Ansprechpartner:

Michael Kümmel (030 18333-4244)

Residues such as waste rock dumps left behind by uranium mining and other mining activities can be the source of significant radiation exposure due to the release of radon into the atmosphere. Over a period of 15 years, BfS has carried out representative measurements of outdoor radon concentrations in former mining areas in Saxony, Saxony-Anhalt and Thuringia. The results of these long-term measurements, taken at about 600 measurement points, range from 5 Bq/m³ to a maximum of 1.700 Bq/m³. These values reflect the lower level of the natural background on the one hand and the influence of a large waste rock dump on the local radon concentration on the other hand. However, radon in significantly higher concentrations than those of the natural background is confined closely to the vicinity of larger residues. Most of the measurement results (90 %) amount to less than 50 Bq/m³. The results of this study constitute a valuable basis for the radiological evaluation of mining residues.

Der über mehrere Jahrhunderte in den Bundesländern Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen durchgeführte Bergbau hat nicht nur das Landschaftsbild dieser Regionen durch Halden und industrielle Absetzanlagen nachhaltig geprägt. Aus den erhöhten Gehalten natürlicher Radionuklide in den abgelagerten Materialien resultieren auch Kontaminationen der Umweltmedien und zum Teil erhöhte Strahlenbelastungen für die in den betreffenden Regionen lebende Bevölkerung. So können die Halden des Alt- und Uranbergbaus wegen ihres hohen Radonfreisetzungspotenzials und der Nähe zu Wohnbebauungen nennenswerte Strahlenbelastungen durch die Inhalation von Radon bzw. seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten verursachen. Auch Abwetterschächte sowie andere Tagesöffnungen, die der Ableitung der Grubenluft dienen, können das Niveau der Radonkonzentration im Freien erheblich beeinflussen.

Das BfS hat seit Beginn der 90er Jahre Radonfreiluftmessnetze in den Bergbauregionen Sachsens, Thüringens und Sachsen-Anhalts betrieben, um die Beeinflussung des natürlichen Radonpegels durch die bergbaulichen Tätigkeiten zu untersuchen. Dazu wurden in 16 Bergbau- und zwei Vergleichsgebieten fast 600 Messpunkte mit jeweils zwei Kernspurdetektoren eingerichtet und über einen Zeitraum von jeweils mindestens vier Jahren die Radonkonzentration im Freien in 1,5 m Höhe über dem Boden halbjährlich bestimmt.

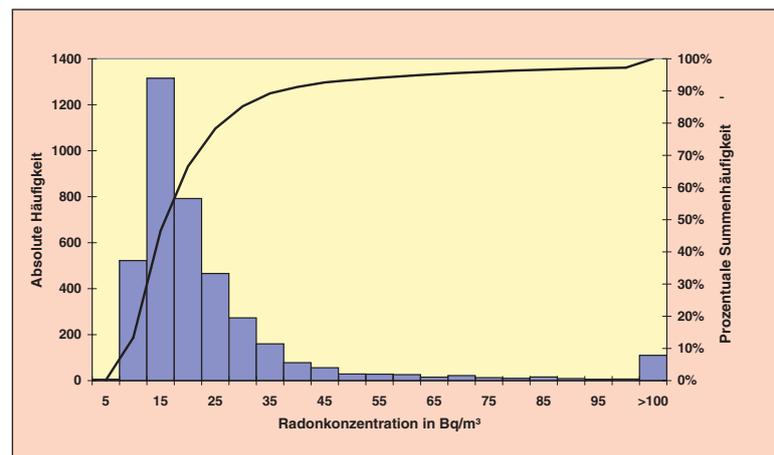
Im Ergebnis dieser Untersuchungen konnten für die Bergbauregionen repräsentative Übersichten über die langjährige Radonkonzentration im Freien erstellt werden. Für alle Messgebiete wurde darüber hinaus der natürliche Untergrund der Radonkonzentration abgeschätzt, um den Beitrag des Bergbaus zum Radonpegel

ermitteln zu können. Dieser aus menschlicher Tätigkeit erhöhte Anteil ist aus der Sicht des Strahlenschutzes von besonderem Interesse.



Messpunkt des BfS zur Ermittlung der Langzeit-Radonkonzentration im Freien mit jeweils zwei in 1,5 m Höhe halbjährlich exponierten Kernspurdetektoren

Eine erste Übersicht über alle in Siedlungsgebieten ermittelten Jahreswerte der Radonkonzentration bietet die in der folgenden Abbildung dargestellte Häufigkeitsverteilung. In die Auswertung wurden dabei insgesamt 3.904 Jahresmittelwerte einbezogen, die in einem Gesamtzeitraum von 1990 bis 2005 ermittelt wurden.



Häufigkeitsverteilung aller in Siedlungsgebieten bestimmten Jahresmittelwerte der Radonkonzentration im Freien (Balken - absolute Häufigkeit, durchgezogene Linie - prozentuale Summenhäufigkeit, d. h. wieviel Prozent der Messdaten weisen eine geringere oder gleich große Radonkonzentration auf)

Aus dieser Gesamtschau der Messergebnisse lässt sich Folgendes ablesen:

- Die Schwankungsbreite der Jahresmittelwerte ist sehr groß und umfasst Werte von 5 Bq/m³ bis 1.700 Bq/m³.

Messgebiet	Radonkonzentration in Bq/m ³			
	Anzahl der Messpunkte	Geometrischer Mittelwert	Geometrische Standardabweichung	95%-Perzentil
Annaberg-Buchholz	14	13	1,4	23
Aue	5	12	1,3	19
Crossen	15	13	1,3	21
Dittrichshütte	7	13	1,7	30
Freiberg	18	12	1,4	20
Freital	4	13	1,4	22
Gottesberg	4	29	1,3	45
Johanngeorgenstadt	8	13	1,4	23
Königstein	9	12	1,5	23
Lengenfeld/Granitgebiete	13	21	1,6	43
Lengenfeld/Tonschiefergebiete	5	14	1,5	27
Mansfeld	4	12	1,4	21
Marienberg	12	13	1,5	23
Mechelgrün - Zobes	3	13	1,5	26
Ronneburg/Seelingstädt	3	15	1,4	25
Vergleichsgebiet Görlitz	8	19	1,2	28
Vergleichsgebiet Zwickau	6	18	1,4	31
GESAMT:	138	14	1,5	28

Statistische Kennzahlen der lognormalverteilten Radonkonzentration im Freien des natürlichen Untergrundes in den Bergbauregionen Sachsens, Sachsen-Anhalts und Thüringens

- Jahreswerte > 100 Bq/m³ treten nur in etwa 1 % aller Fälle auf.
- Die Mehrzahl der Jahreswerte (> 90 %) ist kleiner als 50 Bq/m³.

Etwa 30 % aller Jahreswerte liegen in einem Bereich zwischen 10 Bq/m³ und 15 Bq/m³.

Als wichtigstes Ergebnis der Untersuchungen ist die Tatsache zu nennen, dass die bergbaulichen Tätigkeiten keine großräumige Beeinflussung des natürlichen Radonpegels zur Folge haben. Nur in unmittelbarer Nachbarschaft bergbaulicher Anlagen und Einrichtungen kann es zu teilweise deutlichen Erhöhungen der Radonkonzentration im Freien gegenüber dem natürlichen Niveau kommen. Auch die Radonkonzentration in den dort stehenden Gebäuden können maßgeblich davon beeinflusst werden. Insgesamt konnten in sechs Messgebieten zum Teil deutlich erhöhte Radonkonzentrationen nachgewiesen werden, die auf bergbauliche Aktivitäten zurückzuführen sind.

Der Einfluss von Stilllegungs- und Sanierungsarbeiten auf die Langzeit-Radonkonzentration im Freien konnte insbesondere im näheren Umfeld von punktförmigen Radonemittenten wie Abluftschächten beobachtet werden. Die Stilllegungs- und Sanierungsarbeiten führten in solchen Situationen immer zu einem Absinken der Radonkonzentration auf das für die jeweilige Region typische Niveau des natürlichen Untergrundes. Für den Fall flächenhafter Radonfreisetzungen, z. B. aus Halden, können auf der Grundlage der Messungen des BfS keine generellen Aussagen zur Auswirkung von Sanierungsarbeiten auf die Radonkonzentration im Freien getroffen werden. Eine Ausnahme bildet das Stadtgebiet von Johanngeorgenstadt, in dem ein verdichtetes Messnetz mit Messpunkten in unterschiedlichen Entfernungen von Halden und Absetzanlagen eingerichtet wurde. Die Untersuchungen haben unter anderem gezeigt, dass Abdeckungen von Halden eine sehr effektive Radondämmung (Zentralschachthalde) mit einer

Verringerung der Radonimmission praktisch bis auf das natürliche Niveau bewirken können.

Die Untersuchungen, insbesondere in Johanngeorgenstadt, haben die Bedeutung von Immissionsmessungen bei der radiologischen Bewertung von Hinterlassenschaften der Bergbaus unterstrichen. Im Nahbereich von Halden wurden auf engem Raum große Unterschiede in der Radonkonzentration festgestellt, die zum Beispiel mit Modellrechnungen unter Verwendung von Emissionsdaten nur schwer zu erfassen sind. Diese Erkenntnisse müssen bei der anstehenden Überarbeitung der "Berechnungsgrundlagen-Bergbau: Teil Radon" berücksichtigt werden. Die vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit herausgegebenen Berechnungsgrundlagen sind ein wichtiges Instrument bei der Sicherstellung einer sachgerechten und einheitlichen radiologischen Bewertung der Hinterlassenschaften des Bergbaus. Dort werden auch die neu gewonnenen Erkenntnisse über das Niveau des natürlichen Untergrundes ihren Niederschlag finden. So ergaben die Untersuchungen, dass die Häufigkeitsverteilung der regionalspezifischen Radonkonzentration des natürlichen Untergrundes durch eine logarithmische Normalverteilung (Lognormalverteilung) beschrieben werden kann. Diese unsymmetrische, linkssteile Verteilung wird bei Konzentrationen von Spurenelementen in Umweltmedien oft beobachtet. In der Tabelle oben sind ausgewählte statistische Kennzahlen der lognormalverteilten regionalspezifischen Untergrundwerte zusammengefasst.

Zurzeit werden Messnetze zur Ermittlung der Radonkonzentration im Freien noch von der Wismut GmbH und von den Länderbehörden auf der Grundlage der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI - Bergbau) in den Messgebieten mit Liegenschaften der Wismut GmbH (Aue, Crossen, Königstein, Ronneburg und Seelingstädt) betrieben. In den Gebieten mit ehemaligen Wismut-

Standorten bzw. Hinterlassenschaften des Altbergbaus wurden bis auf Johanngeorgenstadt die Messprogramme des BfS beendet, da hier eine ausreichende Übersicht über die Radonsituation erstellt werden konnte und Veränderungen der Radonsituation in den Gebieten und damit weitere Erkenntnisgewinne nicht zu erwarten waren. Im Stadtgebiet von Johanngeorgenstadt werden die Messungen des BfS noch weitergeführt, um z. B. den Einfluss laufender Sanierungen auf den Radonpegel im Stadtgebiet von Johanngeorgenstadt und de-

ren langfristige Wirksamkeit zu studieren. Die Sanierungen der Altstandorte des Uranerzbergbaus erfolgen hier auf der Grundlage des zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem Freistaat Sachsen abgeschlossenen Verwaltungsabkommens. Für die weiteren Untersuchungen des BfS sind dabei unter anderem auch neue Sanierungsstrategien zur Radondämmung auf Halden von Interesse.

Eine ausführliche Darstellung und Diskussion der Ergebnisse wird z. Z. vorbereitet und als BfS-Schrift publiziert.

DIE EURADOS-INTERKALIBRATIONSMESSSTELLE AUF DER MESSSTATION SCHAUINSLAND

The EURADOS Inter-Calibration Facility at Schauinsland Site

Ansprechpartner:

Ulrich Stöhlker (030 18333-6730)

Harry Doll (030 18333-6731)

Since 1982 the Schauinsland site is used for continuously measuring the ambient dose rate in the environment. Today this station is part of the German federal gamma dose rate network. In addition, some countries have installed their national gamma dose rate measuring systems to allow for the inter-comparison of their specific instrumentation (e. g. France, Switzerland and Austria). Today, all countries inside the EU are obliged to operate national surveillance networks. In general the different dose rate probes used in these networks are calibrated and certified, nevertheless different device readings in the environmental radiation field are observed. This shows the necessity for the characterisation of the instruments in the ambient radiation field. In summer 2007 the Schauinsland site was reconstructed to perform long-term inter-comparisons and -calibration under optimised conditions for all dose rate probes, which are used in the different national networks of the EU. The central element is a flat reference field with a diameter of 12 m, where 20 probes can be installed around a ring with 5 m radius. Inside the Schauinsland building data acquisition systems and service facilities were set up. The worldwide access to the dose rate data for all interested users is provided as web-based service for data comparison and analysis.

Auf der Messstation Schauinsland, die seit 50 Jahren für vielfältige Messungen der atmosphärischen Radioaktivität genutzt wird (siehe auch Beitrag 50 Jahre Messstation Schauinsland), wird seit 1982 eine bundeseigene Messstelle zur kontinuierlichen Messung der ionisierenden Umgebungsstrahlung als Umgebungs-Äquivalentdosisleistung

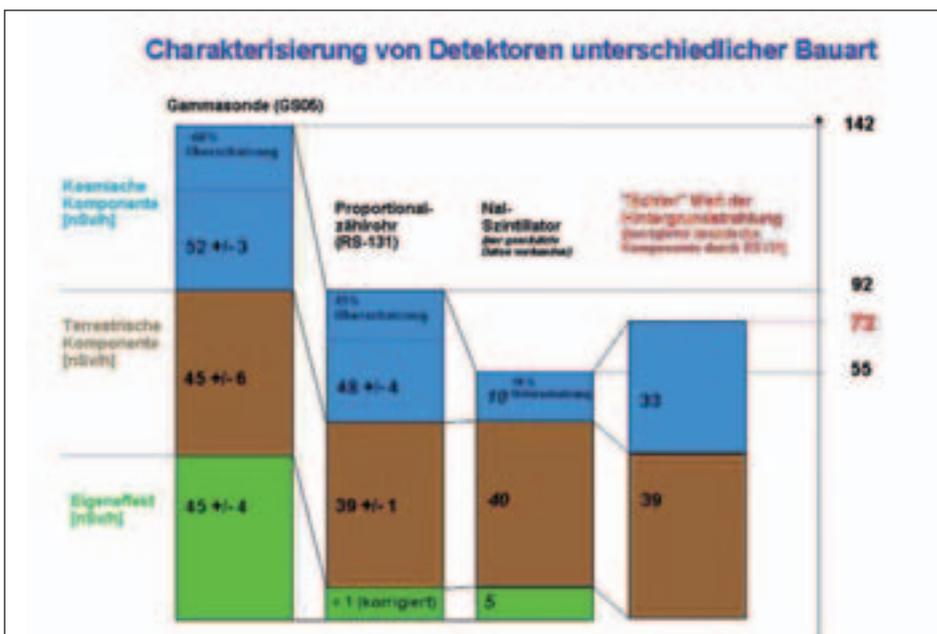
(ODL) in Sievert pro Stunde (Sv/h) betrieben, die Bestandteil des flächendeckenden ODL-Messnetzes des Bundes zur großräumigen Überwachung der Gamma-Ortsdosisleistung in Deutschland ist. Die Messstelle wird seit Jahren auch von Institutionen aus anderen Ländern (z. B. Frankreich, Schweiz oder Österreich) sowie vom Kernkraftwerkfernüberwachungssystem (KfÜ) des Landes Baden-Württemberg für Vergleichsmessungen genutzt.

Sämtliche europäische Staaten verfügen heute über eigene ODL-Messnetze zur Überwachung der Umweltradioaktivität. Es kommen unterschiedliche Messgeräte zum Einsatz und die Anforderungen an die Messeinrichtung sind bislang nicht einheitlich und weichen zum Teil erheblich voneinander ab. Zugelassene und geprüfte ODL-Messgeräte unterschiedlicher Bauart können voneinander abweichende Daten liefern, ohne falsch zu messen. Bei einem eingesetzten Geiger-Müller-Zählrohr (Gammasonde GS05) kann z. B. die gemessene kosmische Komponente des Umgebungsstrahlungsfeldes um ca. 60 % überschätzt werden im Vergleich zum wahren Wert. Ein NaI-Szintillator kann hierbei eine Unterschätzung um ca. 70 % anzeigen. Die Messergebnisse müssen daher richtig verstanden und interpretiert werden.

Um die Unterschiede der verschiedenen Geräteanzeigen der ODL-Messgeräte festzustellen (vgl. Abb. unten), soll auf der Messstelle Schauinsland ein Großteil der in der EU national eingesetzten Messgeräte parallel betrieben und analysiert werden und dabei auch eine Harmonisierung bei der Messung der natürlichen Umgebungsstrahlung innerhalb der EU erreicht werden.

Im Zuge der nationalen sowie der angestrebten EU-weiten einheitlichen Qualitätssicherung der ODL-Messungen bei

der Umweltüberwachung wurde dazu die Messstation Schauinsland im Sommer 2007 zu einer internationalen Interkalibrationsmessstelle der Umgebungsstrahlung ausgebaut, mit dem Ziel, Bestandteil der EURADOS-Qualitätssicherungsprogramms der EU zu werden. EURADOS ist die Europäische Strahlenschutzdosimetrie-Gruppe (European Radiation Dosimetry Group) der EU. Dazu wurde die Interkalibrationsmessstelle zur Durchführung von dauerhaften Vergleichsmessungen konzipiert. Sie dient der Ergänzung der im 2-Jahres-Turnus temporär genutzten EURADOS-Referenzeinrichtungen bei der PTB in Braunschweig.



Die Unterschiede der Messergebnisse bei Verwendung mehrerer zugelassener und geprüfter Geräte voneinander abweichender Bauart



Die Interkalibrationsmessstelle Mitte Oktober 2007

Als zentrale Fläche wurde ein ebenerdiges Referenzmessfeld mit einer Rasenfläche von einem Durchmesser von 12 Metern für den Aufbau der Messsonden eingerichtet. Sämtliche Messeinrichtungen sind auf dem Messfeld in einer ringförmigen Anordnung im Radius von 5 Metern auf einzelnen Standrohren in einer Höhe von 1,5 Meter über dem Boden installiert. Es stehen 20 Messpunkte zur Verfügung. Jeder Messpunkt verfügt über eine eigene Daten- und Steuerungsleitung in den in der Station gelegenen Messraum sowie über einen optionalen 220-V- oder LAN-Anschluss.

Die Messeinrichtung verfügt neben dem Messfeld über eine gesonderte Infrastruktur in der Messhütte. Die Messleitungen sind blitzschutzsicher installiert und verbinden die Sonden mit den Datenaufnahme- und Steuergeräten, die in einem klimatisierten Raum untergebracht sind. Dieser Raum verfügt auch über entsprechende Arbeitsplätze für Installations- und Servicearbeiten. Als gesonderte Dienstleistung wird zurzeit ein Web-basierender

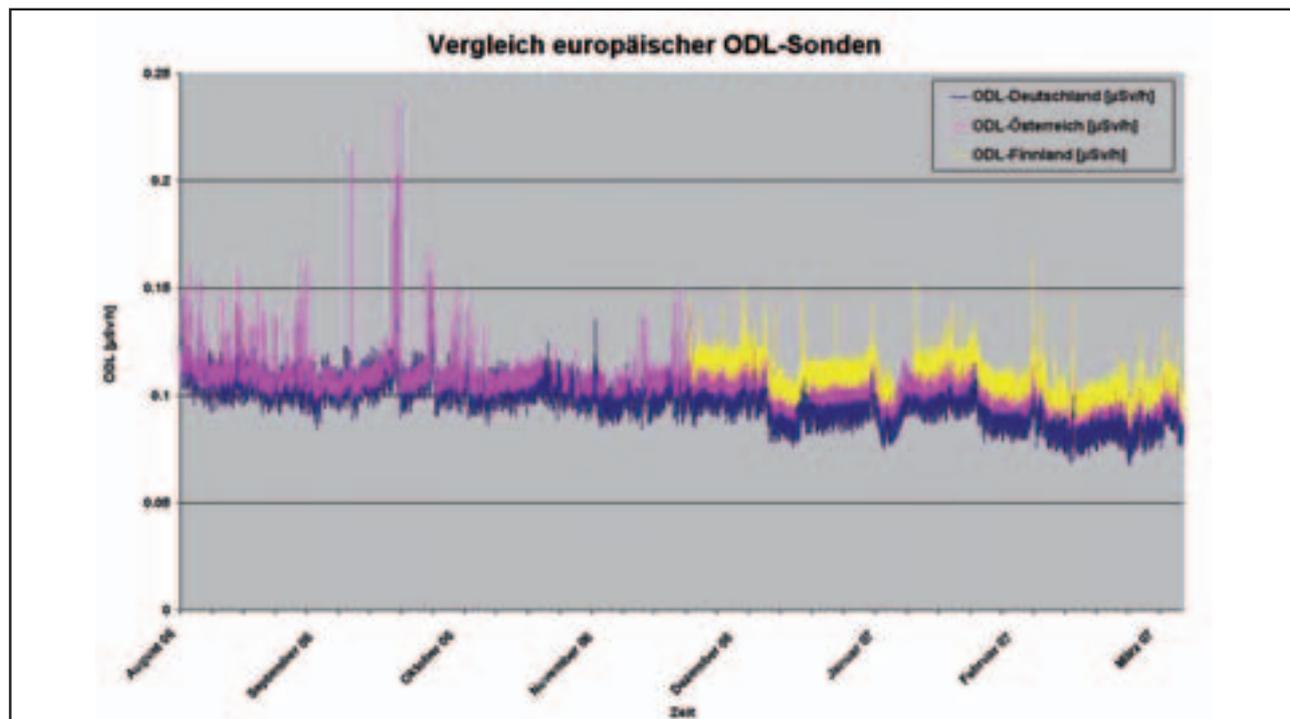
Datenzugriff eingerichtet. Damit besteht die Möglichkeit, dass Interessierte jederzeit weltweit auf die zentrale ODL-Datenbank aller Messsonden der Interkalibrationsmessstelle zugreifen können, in der eine große Zahl zusätzlicher radiologischer Parameter und alle relevanten meteorologischen Daten zur Verfügung stehen.

Die neu gestaltete Messstelle eröffnet allen Messnetzbetreibern und allen EU-Staaten die Möglichkeit, eigene ODL-Messgeräte auf dem Schauinsland für Langzeitmessungen zu installieren und die Ergebnisse direkt untereinander zu vergleichen. Dabei sind die Ergebnisse der vorhandenen Messeinrichtungen für die natürliche Umgebungsstrahlung rückführbar auf die Primärnormale der PTB.

Folgende Verfahren können bei der Langzeituntersuchung zur Anwendung kommen:

- Bestimmung des Ansprechvermögens für Höhenstrahlung (ergänzt um Messungen auf dem Schluchsee).
- Bestimmung des Ansprechvermögens für terrestrische Strahlung.
- Bestimmung des Ansprechvermögens für luftgetragene Radioaktivität.
- Kalibrierung/radiologische Sondenprüfung.
- Simulation einer atmosphärischen Kontamination.
- Bestimmung des Eigeneffekts (durch Messungen in der Asse).

Der Betrieb der Messstelle ist langfristig ausgelegt. Die Ergebnisse der Langzeitmessungen werden dauerhaft analysiert und bewertet und die Ergebnisse in wiederkehrenden Tagungen unter Teilnahme von Experten aus den Staaten diskutiert, die auf der Messstelle eine eigene Messeinrichtung betreiben bzw. an den Ergebnissen der Untersuchung interessiert sind.



Vergleich der Zeitverläufe der ODL-Sonden aus Deutschland, Finnland und Österreich

FORSCHUNG FÜR NUKLEARE SICHERHEIT UND BESSEREN STRAHLENSCHUTZ

Research for Nuclear Safety and a Better Radiation Protection

Ansprechpartner:

Udo Volland (030 18333-1510)

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

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

Das BfS unterstützt das BMU fachlich und wissenschaftlich auf den Gebieten des Strahlenschutzes und der kerntechnischen Sicherheit. Weiterhin unterstützt es

das BMU fachlich bei der Planung und Ausführung des UFOPLAN.

Das BfS ist – neben der administrativen Abwicklung des UFOPLAN – insbesondere für die Initiierung, fachliche Begleitung und Auswertung einzelner Untersuchungsvorhaben verantwortlich. Dabei kommt der Umsetzung der Ergebnisse dieser Untersuchungsvorhaben in behördliches Handeln eine besondere Bedeutung zu, sei es im Rahmen der Novellierung von Gesetzen und Verordnungen, Erstellung von Richtlinien, Regeln und Leitfäden oder sei es durch Übernahme im Rahmen von Genehmigungs- oder Zulassungsverfahren. Als Beispiele für wesentliche, auch in die Zukunft gerichtete Themenfelder des UFOPLAN sind auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit methodische Weiterentwicklungen der probabilistischen Sicherheitsanalyse für Kernkraftwerke, auf dem Gebiet der Entsorgung Fragestellungen zur Endlagerung radioaktiver Stoffe in den Wirtsgesteinen Ton und Granit als Grundlage für ein Standortauswahlverfahren eines Endlagers und im Bereich des Strahlenschutzes die biologischen Wirkungsmechanismen und gesundheitlichen Auswirkungen der nichtionisierenden Strahlung in den verschiedenen Frequenzbereichen, die Freigabe von Reststoffen aus der Stilllegung kerntechnischer Einrichtungen und der Strahlenschutz in der Medizin zu nennen.

Im Jahr 2007 wurden etwa 124 Untersuchungsvorhaben fachlich und 179 Vorhaben administrativ durch das BfS betreut. Insgesamt standen dem BfS im Jahr 2007 für die BMU-Ressortforschung ca. 6,8 Millionen Euro für den Strahlenschutz und 21 Millionen Euro für die kerntechnische Sicherheit zur Verfügung.

Die im Rahmen des UFOPLAN erarbeiteten Ergebnisse werden in der Schriftenreihe „Reaktorsicherheit und Strahlenschutz“ auf der BMU-Homepage veröffentlicht. Die als PDF-Dateien verfügbaren Ergebnisberichte sind unter http://www.bmu.bund.de/strahlenschutz/schriftenreihe_reaktorsicherheit_strahlenschutz/doc/20112.php zu finden.

Für die Zukunft ist vorgesehen, die BfS-Forschungsaktivitäten in einem eigenen Forschungsplan darzustellen, der auch die vom BfS im Rahmen der extramuralen Ressortforschung aus dem UFOPLAN zu vergebenden Forschungs- und Untersuchungsvorhaben umfasst.

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

METHODENENTWICKLUNG ZUR BEWERTUNG VON AUSLÖSENDE EREIGNISSEN BEI NICHTLEISTUNGSBETRIEB FÜR SIEDEWASSERREAKTOREN

Methods for the Evaluation of Initiating Events in Low Power and Shutdown States for Boiling Water Reactors

Ansprechpartner:

Heinz-Peter Berg (030 18333-1501)

The Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (Company for Plant and Reactor Safety, GRS) performed a systematic analysis of the safety relevance of event sequences during low-power and shutdown (LP&SD) states in a German BWR69 type plant. The reference plant is the NPP Philippsburg, Unit 1 with a capacity of 926 MWe.

Main objectives of the investigations were the provision and further development of methodologies for the probabilistic evaluation of event sequences during LP&SD operation of this plant type, the review and further development of the requirements for LP&SD PSAs and the evaluation of the safety significance of event sequences during LP&SD operation of this plant type.

In comparison to the full power operation, the calculated total frequency for hazard states during LP&SD operation is one order of magnitude higher and the frequency for core damage states is two times higher although the improvements have been realised. This comparison shows that the contribution from the LP&SD operation dominates the overall frequencies for hazard and core damage states in this plant type. The results show furthermore the potential for improvements to reduce the overall hazard and core damage frequencies.

Zielsetzung und Arbeitsprogramm

Das Arbeitsprogramm dieses Vorhabens diente primär dem Ziel, die Analysen bezüglich der zu betrachtenden auslösenden Ereignisse aus dem Nichtleistungsbetrieb für einen Siedewasserreaktor der Baulinie 69 (siehe nachstehende Abbildung), aufbauend auf einem Vorläufervorhaben, zu vervollständigen. Referenzanlage ist die Anlage Philippsburg1 (KKP 1).

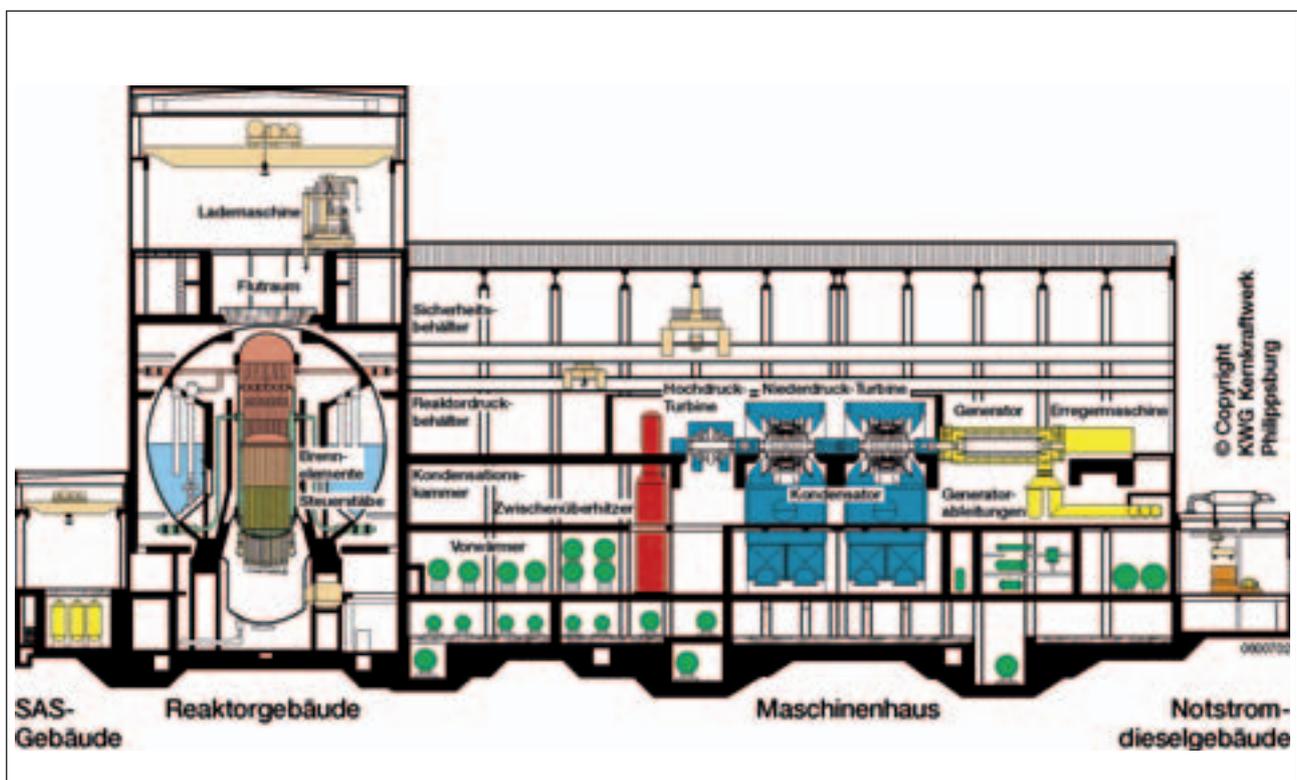
Die durchzuführenden Arbeiten umfassten:

- Identifizierung auslösender Ereignisse und Ereignisablaufanalysen,
- System- und Fehlerbaumanalysen, insbesondere zu Personalhandlungen,
- anlagendynamische Analysen,
- Unsicherheitsanalyse und Bewertung.

Im Rahmen des Vorhabens wurden außerdem Kritikalitätsereignisse und die Analyse von Bränden im Sicherheitsbehälter behandelt. Die Untersuchungen zu Bränden im Sicherheitsbehälter im Nichtleistungsbetrieb sind insofern von großer Bedeutung, weil während des Leistungsbetriebs der Sicherheitsbehälter mit Stickstoff inertisiert ist, so dass aufgrund des fehlenden Sauerstoffs keine Brände entstehen können.

Ergebnisse

Am Anfang der Untersuchung steht eine Einteilung des Nichtleistungsbetriebs in Phasen, in denen die Randbedingungen für die Analyse in etwa konstant sind. Eine solche Einteilung des Nichtleistungsbetriebs umfasst typisch die Absenkung der Leistung bis zur Abschaltung, die Vorbereitungen zum Brennelementwechsel,



Schematische Darstellung des Reaktor- und Maschinenhauses einer Siedewasserreaktoranlage der Baulinie 69

den Brennelementwechsel selbst, die wiederkehrenden Prüfungen und das Wiederanfahren bis hin zur Vollast. Im Englischen wird die Gesamtheit dieser Phasen des Nichtleistungsbetriebs (NLB) als low-power and shut-down bezeichnet. Ermittelt wurde eine Liste von auslösenden Ereignissen sowie eine Feststellung ihrer jeweiligen Relevanz für die Betriebsphasen.

Für die auslösenden Ereignisse wurde untersucht, ob von ihnen Ereignisfolgen ausgehen können, die zu einem Schaden an den Brennelementen führen können und ggf. mit welcher Wahrscheinlichkeit diese Schäden eintreten.

Als methodisch neu hervorzuheben sind für die Baureihe SWR`69 die probabilistische Analyse von Kritikalitätsereignissen, von Bränden im Sicherheitsbehälter und von bestimmten Personalhandlungen, insbesondere auch von ablaufverschlimmernden Handlungen, z. B. von Fehldiagnosen.

Die Empfehlungen zur Fortschreibung sicherheitstechnischer Anforderungen umfassen zu berücksichtigende Freischaltungen, Gefährdungszustände für das Brennelementlagerbecken, Endzustände bei Kritikalitätszuständen, Zuverlässigkeitskenngrößen und insbesondere Personalhandlungen.

Für die Häufigkeit von Gefährdungszuständen der Brennelementkühlung im Nichtleistungsbetrieb wurde für die Referenzanlage ein Erwartungswert von $3,4 \times 10^{-5}$ pro Jahr berechnet. Die Häufigkeit von Gefährdungszuständen ist somit ca. eine Größenordnung höher als im Leistungsbetrieb. Die Gesamthäufigkeit für Kernschadenszustände ist mit $4,0 \times 10^{-6}$ pro Jahr ca. doppelt so hoch wie im Leistungsbetrieb, obwohl bereits eine Reihe von erkannten Mängeln beseitigt wurden. Dadurch wird die sicherheitstechnische Bedeutung von Zuständen bei Stillstand von SWR-Anlagen der Baulinie 69 und das damit verbundene Potenzial für weitere Sicherheitsverbesserungen unterstrichen.

Die auslösenden Ereignisse umfassen die beiden wichtigen Gruppen der Lecks an Kühlmittel führenden Systemen sowie die Betriebstransienten; dies sind Zustände, in denen ein Ungleichgewicht zwischen Wärmeproduktion, die durch die Radioaktivität der Spaltprodukte in den Brennelementen auch im abgeschalteten Zustand noch erfolgt, und Wärmeabfuhr vorliegt. Letztere liefern einen Beitrag von 12 % zur Gesamthäufigkeit von Gefährdungszuständen und 22 % zur Gesamthäufigkeit von Kernschadenszuständen bei Nichtleistungsbetrieb. Diese Ergebnisse zeigen, dass diese Transienten in einer Stillstands-PSA nicht vernachlässigt werden können.

Das Brennelement-Lagerbecken der Referenzanlage wurde – wie in den anderen deutschen Anlagen – für Temperaturen bis 80 °C ausgelegt. Bisher gibt es keinen Nachweis, dass das Lagerbecken auch bei Siedezuständen seine Integrität behält. Deshalb wurde in dieser Untersuchung bei Überschreitung der Auslegungstemperatur im BE-Lagerbecken von einem nicht-auslegungsgemäßen Zustand ausgegangen und die

Häufigkeit solcher Zustände gesondert ausgewiesen. Für die Häufigkeit für Siedezustände im BE-Lagerbecken bei Anlagenstillstand wurde ein Erwartungswert von $6,5 \times 10^{-5}$ pro Jahr berechnet. In der Studie wird empfohlen, auch bei den Stillstandsanalysen für alle anderen deutschen Anlagen, die Wahrscheinlichkeit für solche Zustände gesondert auszuweisen.

Die einzelnen Betriebsphasen liefern unterschiedliche Beiträge zur Gesamthäufigkeit von Schadenszuständen. Interessanterweise werden die Ergebnisse nicht von der zeitlich am längsten währenden Umladephase bestimmt, in welcher auch die meisten auslösenden Ereignisse eintreten können. Die höchsten Beiträge stammen aus den Betriebsphasen vor der Umladung, was auf bestimmte systemtechnische Randbedingungen zurückzuführen ist. Durch Bereitstellung von mehr Systemredundanz können diese Beiträge verringert werden. Im Laufe der Untersuchungen wurde u. a. die sicherheitstechnische Bedeutung von Lecks im Sicherheitsbehälter erkannt. Durch die geöffnete Sicherheitsbehälter-Bodenluke (die so genannte Materialschleuse) kann es bei diesen Lecks zur Überflutung der im unteren Teil des Reaktorgebäudes befindlichen Nachkühlpumpen kommen. Zur Beherrschung solcher Szenarien wurde daraufhin vom Betreiber der Referenzanlage eine Reihe von Anlagenänderungen vorgenommen.

Die übrigen in der Referenzanlage durchgeführten Änderungen, die in den zuvor genannten Ergebnissen bereits berücksichtigt sind, betrafen im Wesentlichen

- Zeitpunkte für die Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen,
- die Bereitstellung bzw. Änderung von Prozeduren für die Beherrschung auslösender Ereignisse,
- die Verfügbarkeit des Gebäuderückfördersystems bei gefülltem Flutraum.

Mit der vorliegenden Untersuchung wurde aufgezeigt, dass es bezüglich des Nichtleistungsbetrieb auch in Anlagen des Typs SWR Baulinie 69 – wie bereits in NLB-PSA-Studien für andere Anlagen im Inland- und Ausland (z. B. in Frankreich für Druckwasserreaktoren der ersten Generation) – ein erhebliches Potenzial zur Risikoverringerung gibt. Die Referenzanlage für diese Untersuchung hat dieses Potenzial inzwischen durch die Optimierung von Betriebsvorschriften und – abläufen im Nichtleistungsbetrieb zu einem nicht unerheblichen Teil ausgeschöpft. Die Untersuchung setzt einen Maßstab für die PSA im Rahmen der Sicherheitsüberprüfung, die alle zehn Jahre als integrierte Überprüfung durchzuführen ist. Sie hat darüber hinaus eine Reihe von Ansätzen für die Fortschreibung der PSA-Fachbände ergeben.

Insgesamt hat die Untersuchung einen Beitrag dazu geleistet, dass auch in der Phase des Atomausstiegs das Sicherheitsniveau der Kernkraftwerke nicht abnimmt, sondern vielmehr gleich bleibt bzw. angehoben wird.

UNTERSUCHUNGEN ZUR OPTIMIERUNG VON EXPERTENSCHÄTZUNGEN IN DER PSA

Improving Expert Judgement in PSA

Ansprechpartner:

Heinz-Peter Berg (030 18333-1501)

Due to the complicated nature of processes occurring during severe accidents in nuclear power plants and the limitations of experimental data verification, the input into PSA requires expert judgement. There is a variety of approaches to the evaluation of the different expert opinions. In this study, the theory of fuzzy sets has been used to derive a procedure that has the potential to narrow down the subjective features of the evaluation. This procedure provides a clustering of experts opinions close enough to each other in a first step and describes how to perform a „horizontal“ average of the estimates.

Die traditionelle Auslegung von Kernkraftwerken beruht auf deterministischen Analysen, die durch konservative Annahmen und Sicherheitszuschläge gekennzeichnet sind. Die Wahrscheinlichkeit des Funktionierens von Sicherheitseinrichtungen wird nicht explizit berücksichtigt. In Ergänzung dieser Analysen werden heute so genannte probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) durchgeführt, in denen realistische Annahmen getroffen werden, aber die Wahrscheinlichkeit des möglichen Versagens von Sicherheitseinrichtungen berücksichtigt wird.

Die probabilistische Sicherheitsanalyse geht außerdem über den Bereich auslegungsgemäß beherrschter Ereignisse hinaus (d. h. in der deterministischen Analyse ausgeschlossene Szenarien werden auch explizit untersucht) und betrachtet Ereignisse bis zum Kernschaden und daraus resultierende Folgen. Daher umfasst die PSA auch Teilbereiche, für die keine abgesicherten Erkenntnisse zu allen für die Analyse benötigten Modellen und Daten, insbesondere für Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Ereignisse im Unfallgeschehen wie z. B. für eine Wasserstoffexplosion, vorliegen. Das vorliegende Wissen kann in diesen Fällen nicht besser als durch Schätzungen einzelner Experten dargestellt werden.

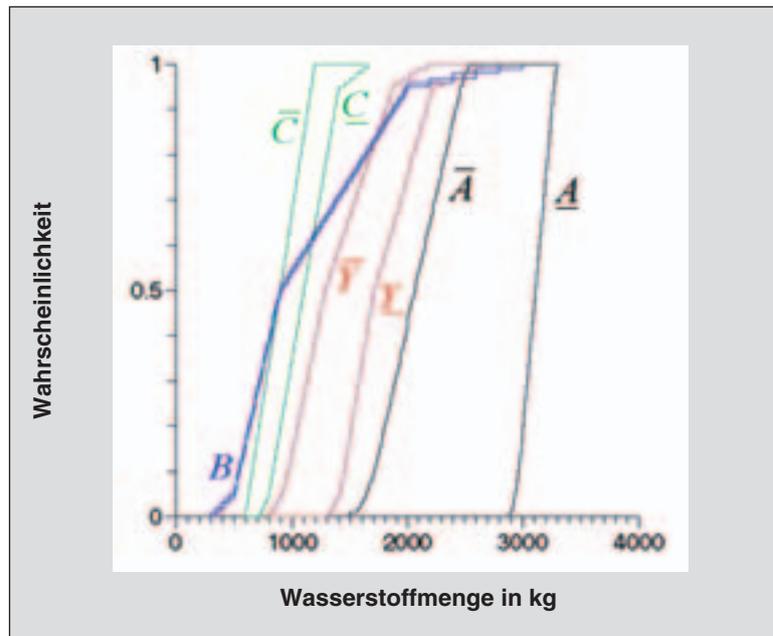
In der gegenwärtigen PSA-Praxis werden Expertenschätzungen typisch bei der Behandlung extremer Unfallphänomene durchgeführt, z. B. hinsichtlich Menge und Verteilung des durch die Zirkon-Wasser-Reaktion erzeugten Wasserstoffs – Zirkon ist Bestandteil der Brennelementhüllrohre – sowie von in der Folge eintretenden Reaktionen des Wasserstoffs und damit potenziell verbundener Zerstörung von Komponenten und Strukturen. Aber auch bei der Bestimmung von Zuverlässigkeitskenngrößen – insbesondere bei abhängigen Ausfällen, die zum gleichzeitigen Ausfall mehrfach vorhandener Sicherheitsrichtungen aufgrund einer einzigen gemeinsamen Ursache führen können – kann aufgrund nicht eindeutiger Berichte zu den zugrunde liegenden Betriebserfahrungen eine Interpretation

durch mehrere Experten die Methode der Wahl sein. Im Idealfall stimmen die Experten überwiegend in ihren Interpretationen der Ereignisberichte überein. Dies ist jedoch in der Praxis keineswegs immer der Fall. Damit stellt sich die Frage, wie eine solche Gesamtheit unterschiedlicher Schätzungen im Rahmen der PSA sachgerecht umzusetzen ist. Die PSA-Praxis kennt hierfür verschiedene Vorgehensweisen, die die Schätzungen in Verteilungsfunktionen für die Wahrscheinlichkeit der Ergebnisgrößen umsetzen.

In dem durchgeführten Vorhaben wurde der Frage nachgegangen, ob mit den methodischen Werkzeugen der Theorie der so genannten „Fuzzy Sets“, d. h. der „unscharfen Mengen“, die sich in zahlreichen technischen Anwendungen – insbesondere in der Regeltechnik – bewährt hat, eine einheitlichere und weniger subjektive Auswertung erreicht werden kann.

Der erarbeitete Vorgehensvorschlag der Wahl lässt sich – stark vereinfachend – wie folgt zusammenfassen: Man bilde in einem ersten Schritt „Cluster“ von Experten möglichst einheitlicher Schätzung der Verteilungsfunktion. Danach erfolgt in einem zweiten Schritt die so genannte „horizontale Aggregation“; darunter ist zu verstehen, dass man für gegebene Werte der Verteilungsfunktion die geschätzten Werte der Ergebnisgrößen mittelt. Die nachstehende Abbildung zeigt ein Beispiel.

Die erarbeiteten Vorschläge werden nunmehr in dem Fachgremium Facharbeitskreis Probabilistische Sicherheitsanalysen für Kernkraftwerke (FAK PSA), der vom BfS geleitet wird, diskutiert und sollen später – unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Fachdiskussion – Eingang in die überarbeiteten Versionen von Methoden- und Datenband PSA finden, deren Publikation für 2010 vorgesehen ist.



Beispiel für die Aggregation der Schätzungen von 3 Experten A1, B1 und C1 zur Wahrscheinlichkeit der produzierten Wasserstoffmenge m (kg) zu einer „Box“ (rot)

VERGLEICHENDE SICHERHEITSANALYSEN (VERSI) FÜR ENDLAGER FÜR HOCHRADIOAKTIVE ABFÄLLE

Comparing Safety Assessments for High Level
Radioactive Waste Repositories

Ansprechpartner:

Matthias Beushausen (030 18333-1820)

BfS has launched the project VerSi (Vergleichende Sicherheitsanalysen – Comparing Safety Assessments) which aims at developing a methodology for the comparison of safety assessments. In doing so, the feasibility of the comparison of safety assessments for sites in different host rock formations is to be investigated. The objective of the project is to enable a comparison of sites – also in different host rocks – with the instruments to be developed, which is acknowledged by experts.

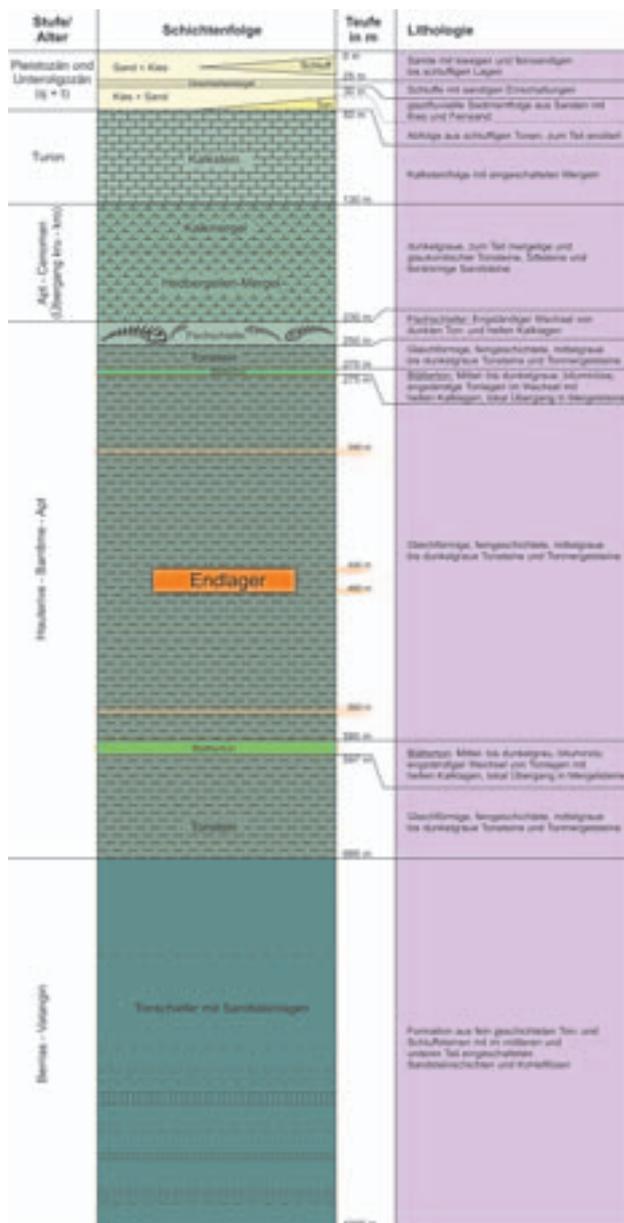
The individual projects, executed by consultants, deal with the following issues:

- The investigation of fundamental questions for planning the disposal of radioactive waste in deep geological formations.
- The development of scenarios for comparing long-term safety assessments.
- The evaluation of the approach for comparing long-term safety assessments as well as
- the performance of long-term safety assessments for the comparison of repository systems.

Die Kriterien für ein Standortauswahlverfahren liegen mit dem Abschlussbericht des Arbeitskreises Endlager (AKEnd) seit Dezember 2002 vor. Es handelt sich hierbei um Mindestkriterien, die potenzielle Endlagerstandorte zu erfüllen haben. Um einen weitergehenden Vergleich auf Basis von sicherheitsanalytischen Daten zu ermöglichen, wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz weitergehender Forschungs- und Entwicklungsbedarf erkannt. Exemplarisch sollen an Hand konkreter praktischer Beispiele die Instrumente für einen sicherheitsanalytischen Vergleich entwickelt werden.

Der 2005 vom BfS veröffentlichte Synthesebericht zu den „konzeptionellen und sicherheitstechnischen Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle“ erbrachte u. a. als ein wesentliches Ergebnis, dass Vorteile von Wirtsgesteinen nur im Vergleich von konkreten Standorten ermittelt werden können. Mit dem in 2007 begonnenen Projekt VerSi werden in vier Einzelprojekten in Zusammenarbeit mit mehreren Forschungspartnern (GRS Köln, GRS Braunschweig, Colenco Power Engineering und TU Clausthal) sicherheitsanalytische Methoden und ihre Aussagekraft für einen Vergleich von mehreren Standorten erarbeitet und bewertet. Die zum Vergleich herangezogenen Standorte wurden so ausgewählt, dass die Daten möglichst realistisch und übertragbar ermittelt werden können. Dabei werden keine Untersuchungen an den Wirtsgesteinen durchgeführt, sondern die vorhandenen Datengrundlagen sowie der internationale Kenntnisstand zur Entwicklung einer

Methode für den Vergleich potenzieller Standorte genutzt.



Synthetischer Tonsteinstandort

Im Einzelnen behandeln die Projekte folgende Themen:

Planerische Grundsatzfragen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen:

In diesem Vorhaben werden wissenschaftlich-technische Fragestellungen für die Realisierung eines Endlagers in Deutschland bewertet und ergänzt und Planungsgrundlagen für Endlager für einen Vergleich von Langzeitsicherheitsanalysen bereitgestellt. Dazu wird u. a. ein synthetischer Tonsteinstandort (s. Abb. oben) unter Zuhilfenahme der im BfS entwickelten Parameter-Datenbank (Schubarth-Engelschall (2004): Parameter aus Untertagelabors und ihre Verwendung bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle an alternativen Standorten in Deutschland) charakterisiert.

Möglichkeiten zur Datenerhebung von über Tage zur Standortbewertung von Endlagern:

In diesem Vorhaben werden speziell die gebirgsmechanischen Eigenschaften der zu bewertenden Wirtsgesteinsformationen untersucht. Ziel ist es festzustellen, welche geomechanischen Daten von über Tage zur Langzeitsicherheit eines Endlagers für einen Standortvergleich erhoben werden können. Dabei ist zu belegen, dass durch übertägige Erkundung eine hinreichend zuverlässige Einschätzung des Gebirgsverhaltens möglich ist.

Evaluierung der Vorgehensweise für den Vergleich von Langzeitsicherheitsanalysen:

In diesem Vorhaben wird eine wissenschaftlich-technische Grundlage erarbeitet, aufgrund derer ein systematischer und transparenter Vergleich der Robustheit von Endlagern unter Berücksichtigung unterschiedlicher Endlagerkonzepte geführt werden kann. Hierfür ist ein Bewertungssystem aus Bewertungsgrößen und Bewertungsmaßstäben für den Vergleich von Langzeitsicherheitsanalysen zu entwickeln.

Ermittlung von Szenarien für vergleichende Langzeitsicherheitsanalysen

Wesentlicher Bestandteil des Vorhabens ist die systematische Ermittlung und Begründung der für die Entwicklung des Endlagers maßgeblichen Szenarien für ein Endlager hochradioaktiver Abfälle. Die Szenarienanalysen sollen dabei basierend auf vorgegebenen geologischen, bergbau- und anlagenspezifischen Parametern in allen Endlagerphasen das Nah- und Fernfeld sowie Wechselwirkungen zwischen diesen umfassen.

Die im Gesamtprojekt VerSi eng miteinander verzahnten Einzelprojekte werden abschließend in Bezug auf die Aussagekraft der einzelnen Langzeitsicherheitsanalysen unter Berücksichtigung der Unsicherheit in den Standortdaten, bei den Szenarien sowie den Modellunsicherheiten im Anlagenkonzept des Endlagers analysiert. Als Ergebnis sollen Werkzeuge zur Verfügung stehen, die einen Vergleich von Standorten in unterschiedlichen Wirtsgesteinen anhand von sicherheitsanalytischen Daten ermöglichen und die Festlegung eines langzeitsicheren Endlagerstandortes auf eine abgesicherte Basis stellen.

KOMMUNIKATIONSSTRATEGIEN FÜR DEN NUKLEAREN NOTFALLSCHUTZ

Communication Strategies for Nuclear Emergency Management

Ansprechpartner:

Erich Wirth (030 18333-6710)

A communication strategy has been developed to inform the public in case of an accidental contamination of the environment. The strategy enables the decision makers to explain the radiological situation and the countermeasures taken in an understandable and credible way. To gain the

confidence of the public, it is important to respect the concerns and the fears of the public.

Ziel des Vorhabens, das von der Christian-Albrechts-Universität Kiel bearbeitet wurde, war die Entwicklung einer langfristigen Kommunikationsstrategie, die der Bevölkerung im Vorfeld und im Ereignisfall die Möglichkeiten und Maßnahmen eines wirksamen nuklearen Notfallschutzes glaubhaft und vertrauenswürdig nahebringt. Mit dem Vorhaben soll ein Weg beschritten werden, der den Notfallschutz der Bevölkerung so zugänglich macht, dass deren Bedürfnisse und Sorgen erkannt und damit realitätsnah beantwortet werden.

In dem Vorhaben wird ein Weg vorgeschlagen, den Notfallschutz der Bevölkerung leichter zugänglich zu machen. Dazu ist es notwendig deren Bedürfnisse und Sorgen zu kennen, diese ernst zu nehmen und Fragen verständlich und realitätsnah zu beantworten. In einem ersten Schritt wurde in dem Untersuchungsvorhaben die Glaubwürdigkeit von Personen und Institutionen untersucht.

Zusammenfassend kommen die Autoren zu dem nicht überraschenden Ergebnis, dass Fernsehen, Zeitung und Radio als Informationsquellen hoch eingestuft werden. Geringes Ansehen genießen Politiker, Betreiber und Behörden. Der überwiegende Teil der Bevölkerung geht sogar davon aus, dass ihr Neuigkeiten über KKW's bewusst verschwiegen werden. Das Vertrauen in die Ehrlichkeit der Wissenschaft liegt im Mittelfeld. Sehr hohes Vertrauen genießen Bürgerinitiativen, insbesondere wenn man sich durch sie vertreten sieht. Im Fall der Kernenergie scheint es, als sei eine Desinformationskultur entstanden. Statt wechselseitig Wissensbestände zu akzeptieren und Informationen fair auszutauschen, werden immer „neue Kunstformen des Missverstehens“ kreiert. Die Ergebnisse belegen, dass Fachwelt und Laienwelt derzeit so aufeinander reagieren, dass sich ein angemessenes, aufeinander zugehendes Verhalten nur schwer erreichen lässt, obwohl das Bedürfnis nach Austausch, Interaktion und Resonanz auf beiden Seiten vorhanden ist.

Risikokommunikation findet im Alltag kaum statt, allenfalls als Folge eines Ereignisses. Besonders schwierig wird es, wenn die Kluft zwischen Sicherheitsbehauptungen der einen Seite und Scheiternsbehauptungen der anderen Seite vor einem Ereignis unüberbrückbar ist. Tritt dann ein Ereignis tatsächlich ein, bedeutet dies, dass diejenigen als vertrauenswürdig eingestuft werden, die das Scheitern „zutreffend“ prophezeiten. Jenen, die „Sicherheit“ behaupteten, wird das Vertrauen entzogen.

Damit spielt die „Personalisierung“ der Information eine wichtige Rolle. Ohne eine Information beurteilen zu können, wird der Medienrezipient sich in und nach einem Ereignisfall Personen zuwenden, die bereits vor dem Ereignis sein Vertrauen erwerben konnten. Da Wissen nicht frei von Emotionen ist, werden mit jedem Wissen auch individuelle „Affektfärbungen“ abgespei-

chert. In einem Ereignisfall wäre es falsch anzunehmen, Informationen wohnt eine eigene Qualität inne. Vielmehr ist zu beachten, dass Menschen durch Ängste unter eine „Affektaufladung“ geraten. Es ist daher notwendig, Botschaften an die Affekt- und Phantasiegeladenheit eines Betroffenen zu adressieren, damit die situativ erforderlichen Sachinformationen auch verstanden, geglaubt und genutzt werden können. Praktisch bedeutet dies, Botschaften an die persönlichen Nöte der Menschen zu richten (z. B. "Wie kann ich mich und meine Familie in einem Notfall schützen?").

Praktisches Ergebnis des Vorhabens ist ein entsprechendes Web-basiertes Informations- und Kommunikationsforum nach dem Vorbild heute üblicher Weblogs. Ruft ein Nutzer das Webforum auf, erscheinen auf dem Bildschirm vier verschiedene Türen, die die Themen „Sichere Bank des Wissens“, „Abgründe des Humors“, „Ausbruch ins Szenarische“ bzw. „Glaube, Liebe, Hoffnung“ symbolisieren (s. Abb. unten).

Durch Auswahl einer der Türen gelangt der Nutzer in das Web-Forum. Die Einführung in den Strahlenschutz erfolgt gemäß dem Motto der gewählten Tür: z. B. durch einen Sketch und Witze bei „Abgründe des Humors“ oder durch einen Dokumentarfilm über Tschernobyl bei „Szenarischem“. Danach wird zu den Sachthemen übergeführt.

Das Web-Forum bietet einem Nutzer verschiedene Möglichkeiten. Der Nutzer kann die ihn interessierenden Informationen auswählen. Er kann die Aussagen kommentieren oder auch mit Fachleuten oder mit anderen Nutzern diskutieren. Beschränkungen irgendwelcher Art wird es nicht geben. Jeder Beitrag ist willkommen. Das Forum soll sich langfristig zu einem multimedialen Werkzeug entwickeln, das breite Akzeptanz findet. Nur unter diesen Voraussetzungen kann eine langfristige Risikokommunikation mit der Öffentlichkeit gelingen. Diese ist aber auch die Voraussetzung, um in einem Ereignisfall eine situative, kurzfristige Krisenkommunikation glaubhaft betreiben zu können.



Screenshot des Web-basierten Informations- und Kommunikationsforums zu den Risiken der Kerntechnologie

BfS: FAKTEN UND ZAHLEN

BfS: Facts and Figures

HAUSHALT UND PERSONAL

Budget and Personnel

Ansprechpartner:

Reinhard Naß (030 18333-1201)

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

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

schriften sowie bei der internationalen Zusammenarbeit.

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

Das BfS ist Genehmigungs- und Zulassungsbehörde, bei der Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlung am Menschen in der medizinischen Forschung sowie bei der Beförderung von Kernbrennstoffen und Großquellen, Zulassungen von Versandstücken, ferner für die Zwischenlagerung von Kernbrennstoffen, für Bauartzulassungen nach den Vorschriften der Röntgenverordnung (RöV) und der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV).

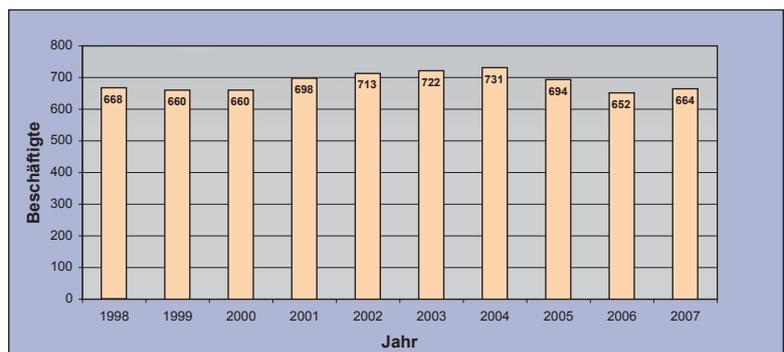
Dienstort	Höherer Dienst	Gehobener Dienst	Mittlerer Dienst	Einfacher Dienst	Auszubildende	Gesamt
Salzgitter	116	64	110	4	15	309
Berlin	46	13	43	-	5	107
Neuherberg	69	44	47	2	6	168
Freiburg	10	7	13	1	2	33
Bonn	20	3	13	-	-	36
Gorleben	-	1	1	-	-	2
Rendsburg	1	1	7	-	-	9
	262 (40 %)	133 (20 %)	234 (35 %)	7 (1 %)	28 (4 %)	664 (100 %)

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

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

Das BfS unterstützt das BMU fachlich und wissenschaftlich auf den vorgenannten Gebieten, insbesondere bei der Wahrnehmung der Bundesaufsicht, der Erarbeitung von Rechts- und Verwaltungsvor-

Das BfS hatte 2007 im Jahresdurchschnitt 664 Beschäftigte. Die Tabelle oben dokumentiert die Verteilung der Beschäftigten auf die Standorte und die Zuordnung zu den Laufbahnen.



Entwicklung der Beschäftigtenzahl im BfS

Die Entwicklung der Beschäftigtenzahl zeigt die Grafik auf Seite 84 rechts unten. Hinzu kommen 31 Beurlaubte, Freigestellte und zum BMU Abgeordnete in 2007.

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

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

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

2. Aus dem Umweltforschungsplan des BMU standen dem BfS für Untersuchungen, Studien und Gutachten, die dem BMU als Entscheidungshilfen dienen, im Jahr 2007 Haushaltsmittel in Höhe von 32 Millionen Euro für folgende Bereiche zur Verfügung (s. Abb. links unten).

MODERNISIERUNG DES BfS

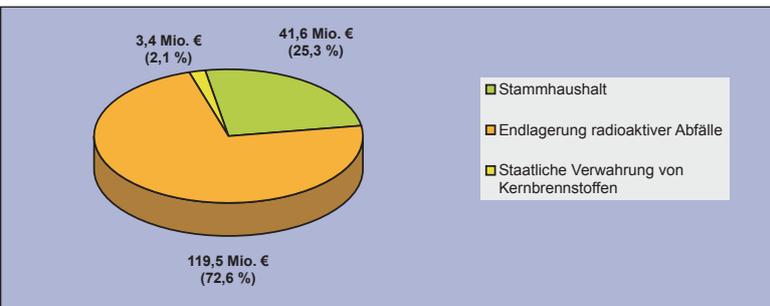
Modernisation of BfS

Ansprechpartner:

Michael Thieme (030 18333-2130)

Norbert Nimbach (030 18333-1200)

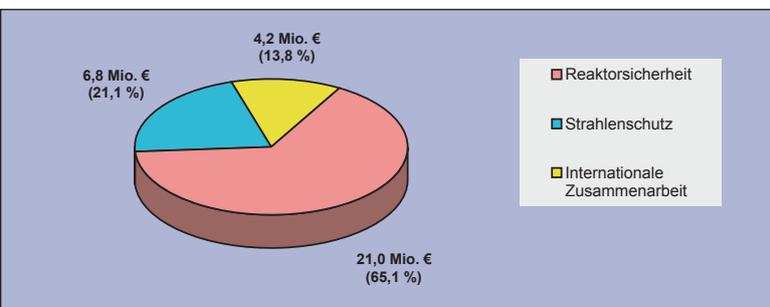
Am 19.12.2006 legte die von Bundesumweltminister Sigmar Gabriel und dem Präsidenten des Bundesamtes für Strahlenschutz, Wolfram König, eingesetzte Gutachtergruppe Vorschläge zur Modernisierung des BfS vor und wies die vom Wissenschaftsrat geübte Kritik am Bundesamt für Strahlenschutz zurück. Die Gutachter Prof. Dr. Hans Peter Bull, Prof. Dr. Dr. Klaus König und Rechtsanwalt, Senator a. D. Jörg Kuhbier sollten das BfS, eine, wie Sie betonten, „wissenschaftlich-technische Verwaltungsbehörde mit Forschungsbezug“, dahingehend beraten, wie das Amt auch zukünftig seinen Aufgaben bestmöglich nachkommen kann. Das Jahr 2007 war dementsprechend geprägt von Diskussionen zur Umsetzung der Vorschläge im Rahmen einer Projektgruppe des BMU und des BfS. Ein Schwerpunkt bestand in der weiteren Verbesserung der Abstimmung der Aufgabenwahrnehmung zwischen BMU und BfS. Ziel war es, im BMU stärker die ministerielle Arbeit zu konzentrieren und dem BfS mehr Freiraum für eigenständige Facharbeit zu geben. Etliche Vorschläge, über deren Umsetzung das BfS alleine in seiner Verantwortung entscheiden konnte, wurden bzw. werden 1:1 umgesetzt. Dazu gehören die Einrichtung der direkt an die Hausleitung angebundenen Gruppe Forschungs koordinierung, die auch federführend ist für die Entwicklung des Forschungsprogramms des BfS, die Einführung eines Intranets zur weiteren Verbesserung der innerbetrieblichen Kommunikation, die weitere Verbesserung der Organisation, z. B. durch die Einrichtung (auf Probe) von Arbeitsgruppen statt fester Fachgebiete, eine Maßnahme, die mehr Flexibilität und Effizienz bringen soll, die Erarbeitung von Konzepten zur Personalentwicklung und zur Fortbildung oder aber auch der Start des Pilotprojekts zur Einführung eines elektronischen Vorgangsbearbeitungssystems, um nur einige Beispiele zu nennen. Unabhängig davon, dass der Modernisierungsprozess natürlich nie als abgeschlossen zu betrachten ist, wird das BfS im Laufe des Jahres 2008 eine erste Bilanz der Umsetzung herausgeben, in der Erwartungen und erste Erfahrungen nachzulesen sein werden.



Haushaltsausgaben 2007 im BfS

Dem BfS standen 2007 zur Erfüllung seiner Aufgaben ca. 164,5 Millionen Euro zur Verfügung, die sich wie folgt verteilen (Abb. oben):

1. Von den Ausgaben für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Höhe von 119,5 Mio. € gehen allein 94,0 Mio. € für die Endlagerprojekte an die Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE).



Ausgaben 2007 für Ressortforschung

PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Press and Public Relations

Öffentlichkeitsarbeit

Ansprechpartner:

Dirk Daiber (030 18333-1310)

Tag der offenen Tür der Bundesregierung

Unter dem Motto „Einladung zum Staatsbesuch“ rollten das Bundeskanzleramt und alle Bundesministerien im August 2007 in Berlin für die BürgerInnen den „roten Teppich“ aus. Das Bundesamt für Strahlenschutz war mit einem Informationsstand in Berlin vertreten.



Beim Tag der offenen Tür der Bundesregierung herrschte reger Besucherandrang am Stand des BfS

Als Publikumsmagnet stellte sich wieder das Angebot konkreter Messungen heraus. So konnten Fragen wie „Ist denn meine teure Sonnenbrille auch geeignet, schädliche UV-Strahlung von meinen Augen fernzuhalten?“ oder „Wie stark strahlt mein neues Handy?“ durch praktische Messung an der eigenen Sonnenbrille oder am eigenen Handy beantwortet werden. Es bildeten sich regelmäßig Schlangen vor den Messplätzen. Viele Bürgerinnen und Bürger konnten sich selbst nach der Messung nicht trennen: wichtig war natürlich auch das Ergebnis der nachfolgenden Untersuchung, das des Vorgängers hatte man ja schon mitbekommen. In solchen Grüppchen entwickelten sich Diskussionen zu Schutz- und Vorsorgemaßnahmen, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Bundesamtes standen ständig Rede und Antwort. Zu weiteren Erläuterungen konnte auf großformatige Poster zurückgegriffen werden. Für diejenigen Bürgerinnen und Bürger, die es ganz genau wissen wollten, wurde zum Nachlesen Informationsmaterial zur Verfügung gestellt. Zweifellos lag der Schwerpunkt

beim Mobilfunk und bei weiteren modernen Kommunikationsmitteln wie WLAN und Bluetooth, danach kam die Problematik des Schutzes vor schädlicher UV-Strahlung einschließlich der Nutzung von Solarien. Doch auch Fragen „Wie schädlich war denn meine letzte Röntgenuntersuchung?“ und „Wie geht es weiter mit den radioaktiven Abfällen?“ standen auf der Tagesordnung. Das Ergebnis war erfreulich: Mehreren hundert Bürgerinnen und Bürger konnte das breite Arbeitsfeld des BfS nahegebracht werden. „Strahlenschutz“ wurde erfahrbar.

BfS beteiligt sich an der didacta 2007 in Köln

Am 27.02.2007 begann die didacta, die größte europäische Bildungsmesse, auf dem neuen Messegelände in Köln. Der Umzug in die neuen Messehallen bekam auch dem BfS-Stand sehr gut: Durch die Neuordnung der Hallenbelegung präsentierte sich das BfS nahe bei den Schulbuchverlagen.



Der Stand des BfS auf der didacta 2007 in Köln war immer dicht umlagert

Die gute Lage sorgte für einen erheblichen Besucherandrang auch auf dem Stand des BfS. Die Messe für alle in der Bildung, Fortbildung und Weiterbildung Beschäftigten zog mit 1.500 Veranstaltungen im Rahmenprogramm insgesamt 95.800 Besucher an. Viele der Besucherinnen und Besucher nutzten die Gelegenheit, den BfS-Mitarbeitern Fragen zu allen Bereichen des Aufgabenfeldes zu stellen. Als Fragenschwerpunkt stellten sich auch hier wieder einmal die elektrischen und elektromagnetischen Felder sowie die UV-Strahlung heraus. In vielen Einzelgesprächen konnten den Besuchern die wissenschaftlichen Arbeitsergebnisse des BfS erläutert werden.

Am 03.03.2007 endete die Messe, auf der das BfS sicher einen Imagegewinn für sich verbuchen und mit seinem 60 m² großen Stand einen guten Eindruck hinterlassen konnte.

Braunschweig – Stadt der Wissenschaft 2007

Ausstellung "Wissen findet Stadt"

Der Verein ForschungRegion Braunschweig, dessen Mitglied auch das Bundesamt für Strahlenschutz ist, hat auf dem Burgplatz und im Braunschweiger Landesmuseum vom 14.06 bis zum 17.06.07 – im Rahmen der Veranstaltungen zur Stadt der Wissenschaft 2007 – eine umfangreiche Ausstellung organisiert. 21 wissenschaftliche Einrichtungen aus der Region Braunschweig präsentierten vier Tage lang die Schwerpunkte ihrer wissenschaftlichen Arbeiten.



Braunschweig – Stadt der Wissenschaft – Das BfS war mit den „bürgernahen“ Themen Mobilfunk und UV-Strahlung, Messung der SAR-Werte der Handys und Messung der UV-Durchlässigkeit der Sonnenbrillen auf dem Burgplatz in Braunschweig vertreten

Das BfS war mit den „bürgernahen“ Themen Mobilfunk und UV-Strahlung, Messung der SAR-Werte der Handys und Messung der UV-Durchlässigkeit der Sonnenbrillen auf dem Burgplatz vertreten. Es hat sich gezeigt, dass die Platzierung auf dem Burgplatz und die Themen richtig gewählt waren. In diesem Jahr wurde der BfS-Stand noch besser besucht als in den letzten Jahren, da viele, die wegen anderer Präsentationen zum Burgplatz gekommen waren, mit großem Interesse auch die BfS-Präsentation besuchten. Der Bereich des vorsorgenden Gesundheitsschutzes interessiert nicht nur die Kritiker der mobilen Datenübertragung, sondern auch breite Schichten der Bevölkerung. So gab es am BfS-Stand auch viele Gespräche und Diskussionen zu möglichen gesundheitlichen Wirkungen der „Handy-Strahlung“ und der Nutzung von WLANs, z. B. im Büro und zuhause.

Auch in diesem Jahr war der Donnerstag und der Freitag primär für die Schulen vorgesehen. Es wurden rund

750 Schulen aus der Region Braunschweig eingeladen und die Ausstellung mit einem Prospekt vorgestellt. Leider war die Resonanz an den Schulen insgesamt unter den Erwartungen geblieben. Dafür waren die anwesenden Schülerinnen und Schüler sehr interessiert an den Themen des BfS. Speziell das Thema UV-Strahlung und UV-Schutz beschäftigte die jungen Besucherinnen und Besucher.

Neuorientierung der Öffentlichkeitsarbeit im Bereich Endlagerung radioaktiver Abfälle

Bei der Nutzung radioaktiver Stoffe durch den Menschen, z. B. zur Gewinnung von Strom, in der Medizin und der Industrie, fallen zwangsläufig radioaktive Abfälle an. Die sichere Endlagerung dieser Stoffe stellt technisch und auch kommunikativ eine besondere Herausforderung an die Öffentlichkeitsarbeit dar.

Mit den am 3. April 2007 vom Bundesverwaltungsgericht bekanntgegebenen Beschlüssen, mit denen die Beschwerden der Stadt Salzgitter, der Gemeinden Lengede und Vechelde sowie eines Landwirts aus Salzgitter gegen die Nichtzulassung der Revision in den Urteilen des Oberverwaltungsgerichts Lüneburg gegen die Planfeststellung von Schacht Konrad zurückgewiesen wurden, sind die Urteile des Oberverwaltungsgerichts Lüneburg vom 8. März 2006 rechtskräftig. Damit ist auch der Planfeststellungsbeschluss für Schacht Konrad rechtskräftig und vollziehbar. Weitere Rechtsmittel sind nicht mehr möglich. Die hieraus folgende Errichtung des Endlagers Schacht Konrad für schwach- und mittelradioaktive Abfälle stellt eine besondere Herausforderung für das ganze BfS dar. Auch im Bereich Öffentlichkeitsarbeit hat das Amt umgehend auf diese neue Situation reagiert und im Jahr 2007 mit Hochdruck die Einrichtung der Infostelle zu Konrad in Salzgitter-Lebenstedt vorangetrieben. Damit sollen der lokalen Bevölkerung umfangreiche Informationsmöglichkeiten zum Thema zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus wird das Informationsangebot im Internet erweitert und neue Informationsmaterialien zur Verfügung gestellt.

Die Errichtung des Endlagers Konrad hat auch Auswirkungen auf die Öffentlichkeitsarbeit an den Standorten Gorleben und Morsleben. An allen genannten Standorten gilt es, die besondere Verantwortung des Bundes für die Endlagerung radioaktiver Abfälle zu betonen. Diese Aufgabe ist mit besonderen Verpflichtungen gegenüber kommenden Generationen verbunden und obliegt daher dem Staat und nicht kommerziellen Unternehmen. Das BfS hat im Jahr 2007 die Öffentlichkeitsarbeit an allen Standorten spürbar verstärkt. So werden Besuchergruppen vermehrt durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des BfS begleitet, um die übergeordneten Positionen des Bundes bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle deutlich zu machen. Außerdem kann auf diese Weise das gesamte Spektrum der Aufgaben des BfS im Strahlenschutz verdeutlicht werden. In naheliegender Zukunft werden die Infostellen des BfS in Gorleben und Morsleben optisch und inhaltlich überarbeitet und so ein noch umfassenderes Informationsangebot geschaffen.

Pressearbeit

Ansprechpartner:

Werner Nording (030 18333-1130)

Wichtige Presseaktivitäten 2007

Sonntag, 26. August 2007, die ARD sendet den Tatort „Strahlende Zukunft“. Die Bremer Hauptkommissarin Inga Lürsen und ihr Kollege Stedefreund ermittelten in der Mobilfunkbranche. Eine aus der Psychiatrie entlassene Frau tötet einen Richter und anschließend sich selbst. Zuvor hatte sie behauptet, dass ihre Tochter durch Strahlung von Mobilfunkmasten an Leukämie gestorben sei und war vehement gegen ein Mobilfunkunternehmen vorgegangen. Der zuständige Staatsanwalt, der Richter und der Psychiater hatten sie daraufhin als psychisch krank eingestuft.

Diese – obwohl fiktive – Geschichte bedeutete GroBeinsatz für das Bundesamt für Strahlenschutz. Dass das Thema kontrovers diskutiert wird, war nichts Neues. Wieviel Klärungs- und Mitteilungsbedarf es bei den Fernsehzuschauern zum Thema „Gefahr von Strahlung“ aber tatsächlich gibt, wurde nach dem Bremer Tatort an diesem Sonntagabend noch einmal eindrucksvoll klar. Die Hörfunkwelle Bremen vier und Radio Bremen online starteten eine zweistündige Sondersendung und einen Internet-Chat zum Thema des Krimis. Beim Hörfunk glühten die Leitungen, im Internet nahmen Tausende am Chat teil. Mehr als ein Dutzend Experten – vom BfS nahmen Rüdiger Matthes und Florian Emrich teil – und die Filmemacher standen Rede und Antwort. Zudem betreute Pressesprecher Joachim Gross auch noch am nächsten Tag eine Telefon-Hotline.

Viele Zuschauer lobten den neuen Tatort dafür, dass er ein aktuelles Thema mutig aufgegriffen und spannend erzählt hatte, die BfS-Experten wurden gelobt, weil sie ein solch emotionales Thema auf die sachliche Ebene zurückholten und einordneten.

Bereits im Frühjahr hatte das Thema "Handystrahlung" schon einmal hohe Wellen im deutschen Blätterwald geschlagen. Eine große deutsche Boulevard-Zeitung thematisierte den Mobilfunk und das Bundesamt für Strahlenschutz in großen Beiträgen teils auf der Titelseite. Doch dabei blieb es nicht. Auch die großen deutschen Tageszeitungen berichteten in ausführlichen Beiträgen.

Die möglichen Gefahren des Mobilfunks werden das BfS immer wieder beschäftigen. Denn die Vorsorge und die Empfehlungen beim Telefonieren mit dem Handy oder beim Einsatz von WLAN sind Themen, zu denen die Medien laufend beim Bundesamt für Strahlenschutz nachfragen. Nicht nur deutschsprachige Nachrichtenagenturen und Tageszeitungen berichten über die Aufgabe des Bundesamtes für Strahlenschutz, sich mit der Mobilfunkthematik aus der Sicht des Strahlenschutzes in verantwortungsvoller Weise auseinanderzusetzen und auf wissenschaftlicher Basis objektiv zu informieren und aufzuklären. Die Empfehlungen

stehen mittlerweile – nicht nur zu Zeiten des berühmten „Sommerlochs“ – in deutschsprachigen Medien. Auch in britischen oder skandinavischen Tageszeitungen sind sie zu lesen.

Der gesundheitliche Strahlenschutz bei ionisierender Strahlung ist das andere große Thema. Schwerpunkt auf der Jahrespressekonferenz Mitte des Jahres in Berlin war die Senkung der hohen medizinischen Strahlenbelastung in Deutschland, die insbesondere durch die Computertomografie verursacht wird, sowie ein mögliches Solarienverbot für Kinder.

Sämtliche Nachrichtenagenturen und alle großen Tageszeitungen berichteten ausführlich auf den Titelseiten über diese Themen. Vor allem die elektronischen Medien berichteten intensiv.

Die Endlagerfrage war nicht nur, weil die Genehmigung für das Endlager Konrad rechtskräftig wurde, für das BfS ein weiteres zentrales Medienthema in 2007.

Bundesumweltminister Sigmar Gabriel hat am 21. Mai 2007 das BfS und die Schachanlage Konrad in Salzgitter besucht.



Bundesumweltminister Gabriel und BfS-Präsident König stellen im Juni auf der Bundespressekonferenz in Berlin gemeinsam den Jahresbericht des Bundesamtes für Strahlenschutz vor (Foto: AP)

Der Minister und Präsident König betonten in den Gesprächen, dass mit den am 3. April 2007 verkündeten Beschlüssen des Bundesverwaltungsgerichts der Planfeststellungsbeschluss rechtskräftig sei und die Errichtung des Endlagers Konrad zügig erfolgen werde. Gabriel bekräftigte vor Journalisten sein Vertrauen in das BfS und seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, diese Aufgabe kompetent zu erfüllen. Zahlreiche Journalistenbesuche des Endlagers Konrad für schwach- und mittelradioaktive Abfälle zeugen seither von einem großen Interesse der Medien an der Arbeit des BfS.

Das Endlager Konrad und die Arbeit des BfS stößt in der Region Salzgitter auf ein großes Interesse. „Ich stelle mich...“ war dann auch die Headline eines Gesprächs des Präsidenten, Wolfram König, mit Leserinnen und Lesern der Salzgitter-Zeitung. Offene und transparente Information der Öffentlichkeit und der Medien besonders in der sensiblen Frage der Endlagerung des Atom- mülls ist eine der obersten Prämissen des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Das BfS trägt Verantwortung für die Endlagerung radioaktiver Abfälle – auch in Morsleben. Im Zentrum des Interesses dort steht das Stilllegungskonzept des BfS. Ein rundum positives Echo in den Medien war das Resultat einer Journalistenfahrt in das Endlager Morsleben, bei der die Medienvertreter auch die Gelegenheit wahrgenommen haben, in den Kontrollbereich des Endlagers einzufahren.



Bundesumweltminister Gabriel besuchte im Mai das Bundesamt für Strahlenschutz. Dabei informierte er Journalisten vor Ort über die Vorhaben im Schacht Konrad (Foto: dpa Picture-Alliance GmbH)

Zunehmend in den Blickpunkt gerät – auch überregional – das Forschungsbergwerk Asse, das nicht vom BfS betrieben wird. In der aktuellen Diskussion spielt der Vergleich der beiden Endlager eine Rolle.

Auch das Interesse am Erkundungsbergwerk Gorleben ist ungebremst. Anfang November besuchte Bundesumweltminister Gabriel die Region. Dabei sprach sich Gabriel erneut für eine alternative Standortsuche und



„Ich stelle mich...“ – Im Rahmen dieser Serie diskutierte Wolfram König mit Leserinnen und Lesern der Salzgitter Zeitung (Foto: Salzgitter-Zeitung)

vergleichende Verfahren aus, wie sie international Stand von Wissenschaft und Technik sind. Der Minister kündigte vor Pressevertretern u. a. ein Endlager-Hearing an, das im Herbst 2008 vom BfS organisiert werden soll.

„Ausstieg, ja bitte“ – so titelte die Frankfurter Rundschau Ende Juni 2007 auf ihrer Seite 1. Hinter diesem provokanten Titel verbarg sich ein Namensartikel von BfS-Präsident Wolfram König. Er schaltete sich mit diesem – sowohl vom Inhalt als auch von der Platzierung – ungewöhnlichen Artikel in die zu diesem Zeitpunkt aktuelle Debatte über den Atomkonsens ein. In dem Beitrag schilderte er aus seiner Sicht die Konsequenzen, die sich aus der Aufkündigung der Vereinbarung zwischen den Energieversorgungsunternehmen und der Bundesregierung aus dem Jahre 2001 ergeben würden.

Zu diesem Zeitpunkt erreichte die Debatte um die CO₂-Einsparungen als Konsequenz der Klimaziele der Bundesregierung ihren Höhepunkt. Die Betreiber der Atomkraftwerke forderten den Ausstieg aus dem Ausstieg aus der Kernenergie und sowohl längere Laufzeiten der älteren Kernkraftwerke als auch die Neubewertungen der Kernenergie.

Und auch genau zu diesem Zeitpunkt, passierte es: Im Kernkraftwerk Krümmel brannte ein Transformator auf dem Reaktorgelände und fast gleichzeitig fiel auch das Kernkraftwerk Brunsbüttel aus und eine beispiellos schlechte Kommunikationspolitik des Betreibers Vattenfall nahm den schier unaufhaltsamen Lauf. Die meldepflichtigen Ereignisse wurden verharmlost und Öffentlichkeit und Politik nur sehr zögerlich über die Abläufe innerhalb des Kernkraftwerkes informiert.

Das Pressereferat des Bundesamtes für Strahlenschutz war seit der ersten Störfall-Meldung Ende Juni 2007

gefragt: Zahlreiche Wünsche nach Interviews und Anfragen erreichte die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Gefragt war die Rolle des BfS bei der Erstbewertung meldepflichtiger Ereignisse, Erklärungen zur Einstufung der Vorfälle bis hin zur Sicherheit und den Besonderheiten älterer Kernkraftwerke.

Insgesamt war das Jahr 2007 für das Pressereferat das Ereignisreichste seit langem. Nicht nur bei den „Top-Themen“ waren die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des BfS gefragte Gesprächspartner der Medien.

PUBLIKATIONEN

Publications

BfS-Berichte

Dushe C, Ettenhuber E, Gehrcke K, Kümmel M, Schulz H.
Ein neues Verfahren zur Ermittlung der Radonexhalation großer Flächen
BfS-SCHR-42/07, Salzgitter, Februar 2007

Schkade UK, Arnold D, Döring J, Hartmann M, Wershofen H. *)*
*) *Physikalisch-Technische Bundesanstalt*
Gammaspектrometrische Bestimmung der spezifischen Aktivitäten natürlicher Radionuklide in Umweltproben, 7. Vergleichsanalyse „Boden 2006“
Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei erhöhter natürlicher Radioaktivität
BfS-SCHR-41/07, Berlin, Dezember 2006, Salzgitter, Januar 2007

Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosis
Teil 2: Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition; Inkorporationsüberwachung (§§ 40, 41 und 42 Strahlenschutzverordnung), Anlage zum Rundschreiben vom 12.01.2007
RS II 3 – 15530/1
BfS-SCHR-43/07, Salzgitter, Mai 2007

Bernhard C, Gödde R, Löbke-Reinl A, Schmitt-Hannig A, Trugenberger-Schnabel A.
Strahlenschutzforschung – Programmreport 2006
Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und administrativ begleitete Forschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BfS-SCHR-44/07, Salzgitter, Dezember 2007

Frasch G, Fritzsche E, Kammerer L, Karofsky R, Spiesl J, Stegemann R.
Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2005
Bericht des Strahlenschutzregisters
BfS-SG-09/07, Salzgitter, Juli 2007

Bredberg I, Hutter J, Schell H, Schneider M, Wähning R.
Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2006
BfS-SK-07/07, Salzgitter, Juli 2007

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

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

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

Ausgewählte Beiträge in externen Fachzeitschriften

Angner A, Berg HP, Röwekamp M, Werner W, Gauvain J.
The OECD FIRE Database
Kerntechnik, Vol. 72, No. 3, Mai 2007

Beck TR, Buchröder H, Foerster E, Schmidt V.
Interlaboratory Comparisons for Passive Radon Measuring Devices at BfS.
Radiation Protection Dosimetry 2007.
Advance Access published online on June 10, 2007; doi: 10.1093/rpd/ncm201

Berg HP.
National and International Standards and Recommendations on Fire Protection and Fire Safety Assessment
Kerntechnik, Vol. 72, No. 3, Mai 2007

Bieringer J, Bühling A, Haase G, Heinrich T, Müller-Neumann M, Steinkopff T, Wiezorek C, Wirth E.
The Revised Program for Measurements in Intense Operation Mode According to AVV-IMIS
Kerntechnik 72 (2007) 4, 167-171

Cruz-Suarez R, Bérard P, Harrison JD, Melo DR, Nosske D, Stabin M, Challeton-de Vathaire C.
Review of Standards of Protection for Pregnant Workers and their Offspring.
Radiation Protection Dosimetry, doi: 10.1093/rpd/ncm480, 2007

Dalheimer A, Dettmann K, König K, Noßke D.
The Revised German Guideline for Incorporation Monitoring.
European ALARA Newsletter, Issue 20, c/o CEPN, Fontenay-Aux-Roses, Frankreich, 13-14, 2007

Gückel FJ, Brix G, Hennerici M, Lucht R, Ueltzhöffer C, Neff W.
Assessment of Regional Cerebral Blood Flow and Volume in Patients with Subcortical Arteriosclerotic Encephalopathy (SAE) by Dynamic MRI.
Eur Radiology 17: 2483-90, 2007

Frasch G, Kammerer L, Stegemann R.
Fliegen und Höhenstrahlung.
Umweltmedizinischer Informationsdienst (UMID), 2/2007

Frasch G, Petrová K.
Dose Trends in Occupational Radiation Exposure in Europe - Results from the ESOREX Project.
Radiation Protection Dosimetry, doi:10.1093/rpd/ncl566, 2007

- Gering F.*
Verbesserungen von Modellrechnungen mit Hilfe von Datenassimilationsverfahren.
Kerntechnik 72 (2007) 4; 222-225
- Grosche B, Jung T, Weiss W.*
Häufigkeit von Krebs bei Kindern in der Umgebung von Kernkraftwerken
atw 53:174-178
- Hable K, Höbler C, Bieringer P.*
Möglichkeiten und Grenzen der Elektronischen Lagedarstellung.
Kerntechnik 72 (2007) 4; 226-229
- Häusler U.*
Analysis of a Radiological Incident during Treatment of a Breast Cancer in Germany - Incident Case Study No 23.
European ALARA-Newsletter 21: 8-9, 2007
- Hornhardt S.*
Individuelle Strahlenempfindlichkeit: Welche Faktoren spielen eine Rolle?
Umweltmedizinischer Informationsdienst (UMID) 3, 2007
- Inoue H Y, Matsueda H, Igarashi Y, Sawa Y, Wada A, Nemoto K, Sartorius H, Schlosser C.*
Seasonal and Long-Term Variations in Atmospheric CO₂ and ⁸⁵Kr in Tsukuba, Central Japan
Journal of the Meteorological Society of Japan 84, No. 6 (2006), 959-968.
- Kiessling F, Jugold M, Woenne EC, Brix G.*
Non-invasive Assessment of Vessel Morphology and Function in Tumors by Magnetic Resonance Imaging.
Eur Radiol. 17: 2136-48, 2007
- Kreuzer M.*
Gesundheitsrisiko Passivrauchen bei Erwachsenen.
Umweltmedizinischer Informationsdienst (UMID) 01: 21-24, 2007
- Kreuzer M, Grosche B.*
Response to the Comment on Mortality from Cardiovascular Diseases in the German Uranium Miners Cohort Study, 1946-1998.
Radiat Environ Biophys. 46 (4): 427, 2007
- von Linden J, Röwekamp M, Türschmann M, Berg HP.*
Methods for a Fire PSA - Exemplary Applied to a German BWR-69 Type Nuclear Power Plant
Kerntechnik, Vol. 72, No. 3, Mai 2007
- Lopez MA, Etherington G, Castellani CM, Franck D, Hurtgen C, Marsh JW, Nosske D, Doerfel H, Andradi A, Bailey M, Balashazy I, Battisti P, Berard P, Berkowski V, Birchall A, Blanchardon E, Bonchuk Y, de Carlan L, Cantone MC, Challeton-de Vathaire C, Cruz-Suarez R, Davis K, Dorrian D, Giussani A, Le Guen B, Hodgson A, Jourdain JR, Koukoulidou V, Luciani A, Malatova I, Molokanov A, Moraleda M, Muikku M, Oeh U, Puncher M, Rahola T, Ratia H, Stradling N.*
Coordination of Research on Internal Dosimetry in Europe: The CONRAD Project.
Radiation Protection Dosimetry, doi: 10.1093/rpd/ncm350, 2007
- Nekolla EA.*
Das Mammographie-Screening-Programm in Deutschland: Welche Rolle spielt das Strahlenrisiko?
StrahlenschutzPRAXIS 4, 2007
- Nosske D, Berkovski V, Birchall A, Blanchardon E, Cantone MC, Davis K, Giussani A, Luciani A, Marsh J, Oeh U, Ratia H, Lopez MA.*
The Work of the CONRAD Task Group 5.2: Research Studies on biokinetic Models.
Radiation Protection Dosimetry; doi: 10.1093/rpd/ncm 257, 2007
- Petrová K, Frasch G.*
ESOREX 2005:
Radiation Protection Dosimetry, doi:10.1093/rpd/ncl567, 2007
- Scharf J, Kemmling A, Hess T, Mehrabi A, Kauffmann GW, Groden C, Brix G.*
Assessment of Hepatic Perfusion in Transplanted Livers by Pharmacokinetic Analysis of Dynamic Magnetic Resonance Measurements.
Invest Radiology 42: 224-229, 2007
- Stayner L, Bena J, Sasco A, Smith R, Steenland K, Kreuzer M, Straif K.*
Lung Cancer Risk and Workplace Exposure to Environmental Tobacco Smoke.
Am J Public Health 97: 545-551, 2007
- Steiner M, Hiersche L, Poppitz-Spuhler A, Ridder F.*
Tabakrauch – die tägliche Dosis Polonium-210.
Umweltmedizinischer Informationsdienst, (UMID), 1/2007
- Szegvary T, Conen F, Stöhlker U, Dubois G, Bossew P, de Vries G.*
Mapping Terrestrial Gamma-Dose Rate in Europe Based on Routine Monitoring Data.
Radiation Measurement 41 (2007), 1561–1572

Stephan G, Schneider K, Panzer W, Walsh L, Oestreicher U.
Enhanced Yield of Chromosome Aberrations after CT
Examinations in Paediatric Patients.
Int J Radiat Biol. 7: 83:281-7, 2007

Twenhöfel CJW, Salfeld HC, Hable K, Reinen HAJM.
Bilateraler Daten- und Informationsaustausch in einem
nuklearen Ereignisfall in der Deutsch-Niederländischen
Grenzregion.
Kerntechnik 72 (2007) 4; 183-186

Wissman F, Rupp A, Stöhlker U.
Characterization of Dose Rate Instruments for Environ-
mental Radiation Monitoring,
Kerntechnik 72 (2007) 4, 193-198

Zähringer M, Bieringer J, Schlosser C.
Three Years of Operational Experience from Schauins-
land CTBT Monitoring Station
Journal of Environmental Radioactivity 2007,
Vol 99/4 pp 596-606

Zähringer M, Wirth E.
The Interaction between Off-site Decision Making, Deci-
sion Support Systems, Modelling and Monitoring in a
Nuclear Emergency Situation
International Journal of Emergency Management Vol 4
No. 3, (2007), 564-572

Zander N, Löffler H.
Abschätzung des Quellterms als Grundlage für behörd-
liche Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei
einem radiologisch relevanten Ereignis in einem Kern-
kraftwerk.
Kerntechnik 72 (2007) 4; 191-192

Zechmann CM, Woenne EC, Brix G, Radzwill N, Ilg N,
Bachert P, Peschke P, Kirsch S, Kauczor HU, Delorme S,
Semmler W, Kiessling F.
Impact of the Stroma on Growth, Microcirculation, and
Metabolism of Experimental Prostate Tumors.
Neoplasia 9: 57-67, 2007

Beiträge in Tagungsbänden / Broschüren

Angner A, Berg HP, Röwekamp M, Werner W, Gauvain J.
The OECD FIRE Project – Objectives, Status, Applications.
In: Transactions, SMiRT 19, Toronto, Kanada, August
2007, Paper M 08/2

Bayer A.
Überwachungssysteme und Berichterstattung in der
Bundesrepublik Deutschland. In: Deutscher Wetter-
dienst: Annalen der Meteorologie 42; 50 Jahre Überwa-
chung der Radioaktivität in der Atmosphäre durch den
Deutschen Wetterdienst. Festveranstaltung am 8./9. Juni
2005 in Langen. Offenbach, 13-24, 2007

Berg HP, Görtz R, Fröhmel T, Winter C.
Safety Assessment of External Flooding Protection for
Nuclear Power Plants. In: 15th International Conference
on Nuclear Engineering, Nagoya, Japan, April 2007, Pa-
per 10102

Berg HP, Görtz R, Kesten J.
Methods for the Treatment of Common Cause Failures
in Redundant Systems. In: SSARS 2007, Summer Safety
and Reliability Seminars, Gdansk, Polen, Juli 2007, S. 1 - 8

Bernhard C.
Die Leitstellen seit Tschernobyl. In: Umweltradioaktivität
in der Bundesrepublik Deutschland 2004 und 2005 – Da-
ten und Bewertung. Bericht der Leitstellen des Bundes
und des Bundesamtes für Strahlenschutz, Bonn 2007

Brix G.
Physical Basics and Image Reconstruction. In: Reiser M,
Semmler W, Hricak H (Eds): Magnetic Resonance Tomo-
graphy. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag,
1st english edition, 8-35, 2007

Brix G.
Risks and Safety Issues Related to MR Examinations. In:
Reiser M, Semmler W, Hricak H (Eds.): Magnetic Reso-
nance Tomography. Berlin, Heidelberg, New York:
Springer-Verlag, 1st english edition, pp. 153-167; 2007

Brix G, Griebel J, Delorme S, Kiessling F.
Quantification of Tissue Microcirculation by Dynamic
MRI and CT. Comparative Analysis of Signal-Time Curves
Measured in Muscle Tissue. In: Buzug TM, Holz D (Eds.):
Advances in Medical Engineering. Berlin, Heidelberg,
New York: Springer, 28-52, 2007

Brix G, Kolem H, Nitz WR.
Image Contrasts and Imaging Sequences. In: Reiser M,
Semmler W, Hricak H (Eds): Magnetic Resonance Tomo-
graphy Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag,
1st english edition, 36-75, 2007

Brix G, Strieth S, Strelczyk D, Dellian M, Griebel J,
Eichhorn M, Dutz S, Bellemann ME.
Wirkung statischer Magnetfelder auf die Mikrozirkulati-
on in der Skelettmuskulatur. In: Fix MK, Manser P, Mini
R (Hrsg.): Medizinphysik 2007. Bern, SGSM, 353-354,
2007

Dalheimer A, König K, Noßke D, Schäfer I.
Der Hamburger Poloniumfall aus Sicht der Inkorpora-
tions-Überwachung. In: Bayer A, Faleschini H, Krüger S,
Strobl C (Eds.): Vorkehrungen und Massnahmen bei radio-
logischen Ereignissen, Verlag TÜV Media GmbH, 82-88,
2007

- Döring J.*
Exposure and Radiation Protection for Working Areas with Enhanced Natural Radioactivity. In: 5th International Symposium on Naturally Occurring Radioactive Material, Sevilla, 19. - 22. März 2007; Proceedings in Vorbereitung
- Dreffke K, Rickinger A, Sauter W, Illig T, Bölling T, Rössler U, Gomolka M, Schmezer P, Eckardt-Schupp F, Fritz E.*
Differences between Primary and EBV-immortalized Patient Cells. In: Abstract book, 10. Jahrestagung der GBS, 10.-12. Oktober, 109, 2007
- Eisheh J.*
Defense against Nuclear Hazards in Germany – the Federal Approach In: International Conference on Illicit Nuclear Trafficking: Collective Experience and the Way Forward, Edinburgh 2007.
- Gehrcke K.*
Experience with the Wismut Remediation. Proceedings of the 3rd International Conference on Natural Radiation & NORM, London, March 5 - March 6, 2007
- Geschwentner D, Pophof B, Matthes R.*
German Mobile Telecommunication Research Programme – Proceedings of an International Workshop on Dosimetry, Radiation Protection Dosimetry, Special Issue 124 (1), 2007
- Görtz R, Berg HP, Fröhmel T, Kesten J, Weil L.*
Calculating Generic β -Factors for Common Cause Failure Analysis with the POS-Modell. In: Jahrestagung Kerntechnik 2007, Karlsruhe 2007, S. 233 – 236
- Gomolka M, Roessler U, Rosenberger A, Sauter W, Bickeböller H, Illig T, Wichmann HE, Hornhardt S.*
Interaction among Genes Influences DNA Repair Capacity in Young Lung Cancer Patients. In: Proceedings of the 10th International Wolfsberg Meeting on Molecular Radiation Biology/Oncology, Ermatingen, Switzerland, May 12-14, 7: 39, 2007
- Hornhardt S, Roessler U, Rosenberger A, Sauter W, Bickeboeller H, Illig T, Wichmann HE, Gomolka M.*
Interaction Among Genes Influences DNA Repair Capacity in Young Lung Cancer Patients. In: ICRR 2007, Abstract Book, Radiat Research Society, 85, 2007
- Heinrich T, Funke L, Köhler M, Schkade UK, Ullrich F, Löbner W, Höpner J, Weiß D.*
Optimierung der Auswahl von Messmethoden zur Bestimmung natürlicher Radionuklide, In: Fortschritte im Strahlenschutz, FS-07-143-AKNAT, ISSN 1013-4506
- Kesten J, Hoffmann M, Maier R.*
Technical Methods and Strategic Measures to Counteract Threat Scenarios Involving Radioactive Materials. In: International Conference on Illicit Nuclear Trafficking: Collective Experience and the Way Forward, Edinburgh 2007.
- Kirchner G, Steiner M.*
Uncertainties in Radioecological Assessment Models – their Nature and Approaches to Reduce them (IAEA-CN-145/072). In: Proceedings of the International Conference on Environmental Radioactivity: From Measurements and Assessments to Regulation (CN-145), Wien, Österreich, 23.-27. April 2007, zur Veröffentlichung in Applied Radiation and Isotopes vorgesehen.
- Kröger EA.*
Developing a Communication Strategy for Illegal Acts Involving Radioactive Materials – Drawing on Experience Obtained during the Po-210 Incident in Hamburg 2006. In: International Conference on Illicit Nuclear Trafficking: Collective Experience and the Way Forward, Edinburgh 2007.
- Meyer W.*
Estimation Regional Frequencies of high Radon Concentrations in Buildings. In: 5th Conference on Protection Against Radon at Home and at Work, 2007, Prag, Proceedings als CD in Vorbereitung
- Mueller I, Hornhardt S, Seeberger H, Roessler U, Gomolka M, Sauter W, Illig T, Wichmann H, Sagan D, Mörtl S, Fritz E, Eckardt-Schupp F, Braselmann H.*
Comparative Analysis of Functional and Molecular Parameters Causing Cellular and Clinical Hypersensitivity to Ionizing Radiation. In: Abstract book, 10. Jahrestagung der GBS , 10.-12. Oktober, 117, 2007
- Nekolla EA, Griebel J, Brix G.*
Welche Rolle spielt die Teilgebirgsradiologie in Deutschland aus strahlenhygienischer Perspektive? In: Fix MK, Manser P, Mini R (Hrsg.): Medizinphysik 2007 Bern, SGSMP, 343-344, 2007
- Noßke D, Minkov V, Brix G.*
Dosisabschätzung für ^{18}F -markierte PET-Radiopharmaka: Entwicklung eines generischen biokinetischen Modells. In: Fix MK, Manser P, Mini R (Hrsg.): Medizinphysik 2007. Bern, SGSMP, 322-323, 2007
- Oestreicher U, Stephan G, Walsh L, Panzer W, Schneider K.*
Enhanced Yield of Chromosome Aberrations after CT Examinations in Paediatric Patients. In: ICRR 2007, Abstract Book, Radiat Research Society, 48, 2007
- Peter J, Bergler I, Bernhard C, Trugenberg-Schnabel A.*
Umweltradioaktivität und Berichterstattung in Deutschland. In: Strahlenschutz aktuell, 40 (2): 25-34, Wien, 2006

Rickinger A, Dreffke K, Sauter W, Illig T, Bölling T, Rössler U, Gomolka M, Schmezer P, Fritz E, Eckardt-Schupp F, Mörtl S.

Detection of Individual Radiosensitivity in Lymphocytes and Corresponding Lymphoblastoid Cell Lines. In: Abstract book, 10. Jahrestagung der GBS, 10.-12. Oktober, 119, 2007

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

Association between Gene Polymorphisms and the DNA Repair Capacity in Young Lung Cancer Patients. In: Abstract book, EEMS 37th annual meeting, 9.-13. Oktober, 96, 2007

Romm H, Oestreicher U.

Experience with Biological Dosimetry. In: ICRR 2007, Abstract Book, Radiat Research Society, 147-8, 2007

Röwekamp M, Türschmann M, von Linden J, Berg HP.

Advanced Methods for Screening in Fire PSA. In: Transactions, SMiRT 19, Toronto, Kanada, August 2007, Paper M 08/1

Steiner M, Hornung L, Willrodt C, Kirchner G.

Environmental Protection Against Ionizing Radiation – The Challenge of an Umbrella Concept. In: Supplement to the Health Physics Society Journal, Abstracts of Papers Presented at the Fifty-Second Annual Meeting of the Health Physics Society, Portland, Oregon, USA, 8. - 12. Juli 2007, Health Physics 93 (1), S 25, 2007

Stephan G, Oestreicher U, Romm H.

Biological Dosimetry. In: Obe G und Vijayalaxmi (Eds): Chromosomal Alterations – Methods, Results and Importance in Human Health. In: Springer Heidelberg: 341-349, 2007

Thiessen KM, Batandjewa B, Andersson KG, Arkhipov A, Charnock TW, Gallay F, Gaschak S, Golikov V, Hwang WT, Kaiser JC, Kamboj S, Steiner M, Tomás J, Trifunovic D, Yu C, Zelmer R, Zlobenko B.

Improvement of Modeling Capabilities for Assessing Urban Contamination: The EMRAS Urban Remediation Working Group (IAEA-CN-145/070). In: Proceedings of the International Conference on Environmental Radioactivity: From Measurements and Assessments to Regulation (CN-145), Wien, Österreich, 23.-27. April 2007, zur Veröffentlichung in Applied Radiation and Isotopes vorgesehen

Walter H.

Das Programmsystem LASAIR für die Nuklearspezifische Gefahrenabwehr: Entwicklung, aktueller Stand und Perspektive. In: Bayer A, Faleschini H, Krüger S, Strobl C. (Hrsg.) Vorkehrungen und Maßnahmen bei radiologischen Ereignissen, 5. Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Augsburg, 25. bis 27. April 2007, S. 63-69

Wershofen H, Bieringer J, Frenzel S, Kanisch G, Katzlberger C, Steinkopff T, Tschiersch J, Völkle H.

An Inter-laboratory Comparison of Low-level Measurements in Ground-level Aerosol Monitoring. In: Proceedings of the 16th International Conference on Radionuclide Metrology and its Applications, ICRM 2007, Cape Town, Applied Radiation and Isotopes, accepted for publication.

Willrodt C, Hornung L, Kirchner G.

Uncertainties in Realistic Exposure Assessments (IAEA-CN-145/229P). In: Proceedings of the International Conference on Environmental Radioactivity: From Measurements and Assessments to Regulation (CN-145), Wien, Österreich, 23.-27. April 2007, zur Veröffentlichung in Applied Radiation and Isotopes vorgesehen.

ABKÜRZUNGEN

Abbreviations

AkEnd	Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte	CASTOR	Cask for storage and transport of radioactive Material
ALARA	As Low As Reasonably Achievable, zu deutsch: so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar	CCF	Common Cause Failures/Gemeinsam Verursachte Ausfälle
AREVA NC	Die AREVA NC (früher: COGEMA) betreibt u. a. die Wiederaufarbeitungsanlage in Cap de la Hague (Frankreich).	COGEMA	Compagnie générale des matières nucléaires
AtG	Atomgesetz	CoRWM	Committee on Radioactive Waste Management
AtSMV	Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung	CT	Computertomographie
AtVfV	Atomrechtliche Verfahrensverordnung	CTBT	Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty
AVR	Atomversuchsreaktor	DBE	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift	DE	Dampferzeuger
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
BBergG	Bundesberggesetz	DFP	Dosisflächenprodukt
BDBOS	Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben	DIN	DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
BE	Brennelement	DKFZ	Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg
BFE	Schweizer Bundesamt für Energie	DKKR	Deutsches Kinderkrebsregister Mainz
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz	DMF	Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	DNS	Desoxyribonukleinsäure
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung	DRW	Diagnostischer Referenzwert
BK	Bundeskanzleramt	DVT	Digitale Volumetomographie
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung	DWR	Druckwasserreaktor
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	EAN	Europäisches ALARA-Netzwerk
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	EHC	Environmental Health Criteria
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie	EMF	Elektromagnetische Felder
BNFL	British Nuclear Fuels plc	EnBW	Energie Baden-Württemberg AG
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben	EnKK	EnBW Kernkraft GmbH
BVERWG	Bundesverwaltungsgericht	ERAM	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
BWR	Boiling Water Reactor, Siedewasserreaktor (en)	EU	Europäische Union
BZA	Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH	EURADOS	Europäische Strahlenschutzdosimetriegruppe (European Radiation Dosimetry Group) der EU
BZS	Bundesamt für Zivilschutz	EURDEP	European Data Exchange Platform
		EVU	Energieversorgungsunternehmen
		FAK PSA	Facharbeitskreis PSA
		FSC	Forum on Stakeholder Confidence
		FZJ	Forschungszentrum Jülich

FZR	Forschungszentrum Rossendorf	LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Nachfolger des NLFB)
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH	LNT	linear non-threshold theory
GSF	Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (heute: HMGU)	LP&SD	Low Power and Shut-down, Nichtleistungsbetrieb
GSI	Gesellschaft für Schwerionenforschung	MAW	Medium Active Waste
GVA	Gemeinsam Verursachte Ausfälle	MCBFR-Modell	Multi-Class Binomial Failure Rate Model
CCF/GVA	Common Cause Failures/Gemeinsam Verursachte Ausfälle	BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
HAW	hochradioaktiver Abfall	MLU	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt
HBPI	Hauptbetriebsplan	MOX-BE	Mischoxid-Brennelemente
HMGU	Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt GmbH	MPA	Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart
I&C	Instrumentation and Control (Leittechnik)	MTR	Material-Testreaktor
IAEA	Internationale Atomenergiebehörde	MTVO	Mineral- und Tafelwasserverordnung
IARC	International Agency for Research on Cancer	Nagra	Schweizer Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection	NGA	Nuklearspezifische Gefahrenabwehr
ICRP	International Commission on Radiological Protection	NLB	Nichtleistungsbetrieb
IEC	International Electrotechnical Commission	NLFB	Niedersächsische Landesamt für Bodenfor- schung (aufgelöst zum 31.12.2005, s.a. LBEG)
IGSC	Integration Group for the Safety Case	NMU	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz
IKU GMBH	Institut für Kommunikation und Umweltplanung	NORM	Naturally-Occurring Radioactive Materials
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität	NUMO	Nuclear Waste Management Organization of Japan
IMS	International Monitoring System	ODL	Ortsdosisleistung/Umgebungs-Äquivalent- dosisleistung
INES	International Nuclear Event Scale	OECD / NEA	Organisation für ökonomische Zusammenarbeit und Entwicklung/Nukleare Energieagentur
IPPNW	Internationale Ärzte für die Verhütung eines Atomkrieges	PfB	Planfeststellungsbeschluss
ISK	Infostelle Konrad	PG-K	Projektgruppe „Errichtung des Endlagers Konrad“
ISTec	Institut für Sicherheitstechnologie Garching	POS	Prozess-orientierte Simulation
KBV	Kassenärztliche Bundesvereinigung	PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
KEWA	Kernbrennstoffwiederaufarbeitungsgesellschaft	PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
KfÜ	Kernkraftwerksfernüberwachungssystem	PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
KiKK	Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken	PTKA- WTE	Projekträger Forschungszentrum Karlsruhe - Wassertechnologie und Entsorgung
KKW	Kernkraftwerk	RDB	Reaktordruckbehälter
KTA	Kerntechischer Ausschusses	REI	Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüber- wachung kerntechnischer Anlagen
LAN	Local Area Network		

RESA	Reaktorschnellabschaltung	UV	Ultraviolettes Licht
RFR	Rossendorfer Forschungsreaktor	UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
RöV	Röntgenverordnung	UVPg	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz
RSK	Reaktor-Sicherheitskommission	VDE	VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
RSZ	Regionales Strahlenschutzzentrum	VEK	Verglasungseinrichtung Karlsruhe
RTDMF	Runder Tisch zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm	VerSi	Vergleichende Sicherheitsanalysen
RTS	Runder Tisch Solarien	VKTA	Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V.
RWE	Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke	VWVFG	Verwaltungsverfahrensgesetz
S/E-Ventil	Sicherheits- und Entlastungsventil	WENRA	Vereinigung der Leiter der atomrechtlichen Behörden in Staaten der Europäischen Union / Western European Nuclear Regulators' Association
SAR	Spezifische Absorptionsrate	WGIP	Working Group on Inspection Practices
SBG	Störfallberechnungsgrundlagen	WHO	Weltgesundheitsorganisation
SCK / CEN	Belgian Nuclear Research Centre / Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire.	WHO-IRP	WHO International Radon Project
SEWD	Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter	WLAN	Wireless Local Area Network
SKB	Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Corporation	WLM	Working Level Months
SSK	Strahlenschutzkommission	WMO	World Meteorological Organization
STAN	Datenbank Stilllegung	WPDD	Working Party on Decommissioning and Dismantling
StrISchV	Strahlenschutzverordnung	WTI-Konzept	WTI: Wissenschaftlich-technische Ingenieurberatung GmbH
StrVG	Strahlenschutzvorsorgegesetz	ZAB	Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente (Nasslager)
SWR	Siedewasserreaktor	ZLN	Zwischenlager Nord
TBL Ahaus	Transportbehälterlager Ahaus	ZNS	Zentrales Nervensystem
TBL Gorleben	Transportbehälterlager Gorleben	ZUB	Zentrale Unterstützungsgruppe des Bundes für gravierende Fälle der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr
TECDOC	Technisches Dokument der IAEA		
TETRA	Terrestrial Trunked Radio		
THTR	Thorium-Hochtemperaturreaktor in Hamm-Uentrop		
TSpRK	Transkristalline Spannungsrisskorrosion		
TüV	Technischer Überwachungsverein		
UFOPLAN	Umweltforschungsplan des Bundesumweltministeriums		
UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig		
UNCED	UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung		
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation		

Kontakt:

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: +49(0)30 18333-0

Telefax: +49(0)30 18333-1885

Internet: www.bfs.de

E-Mail: ePost@bfs.de

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



Bundesamt für Strahlenschutz