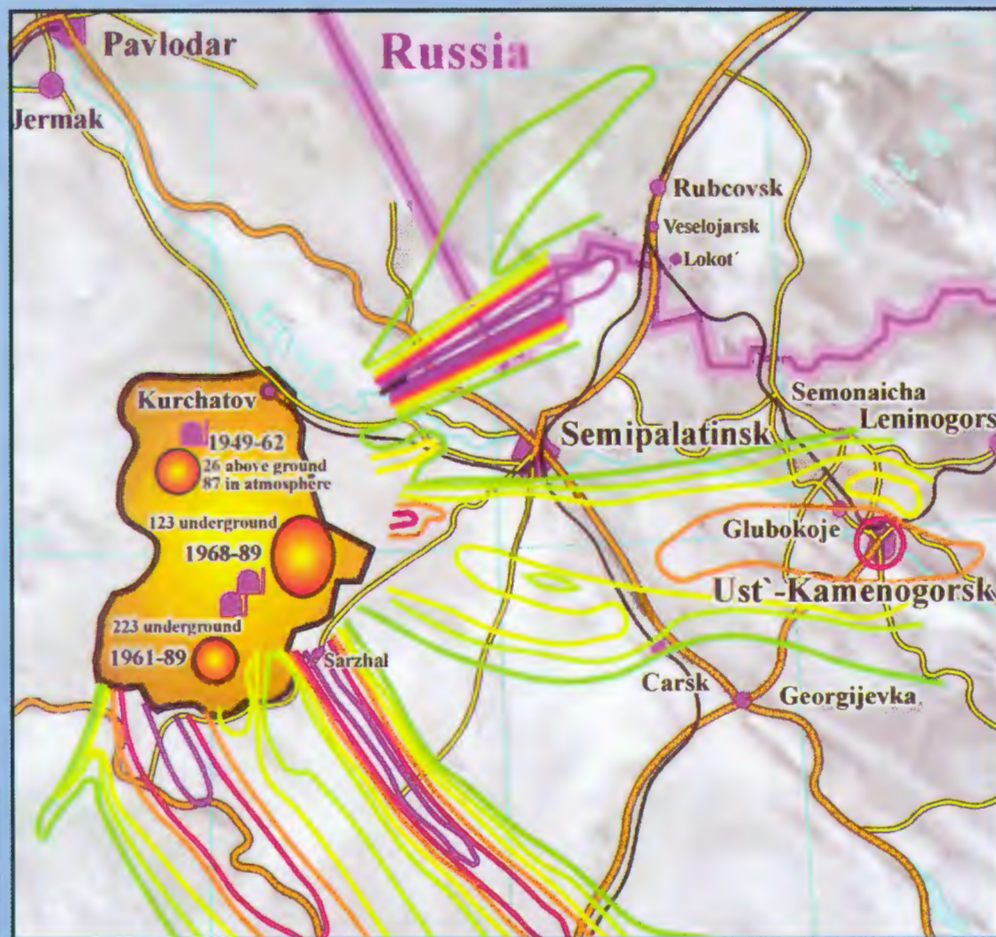


Strahlenschutz PRAXIS

ORGAN DES FACHVERBANDES FÜR STRAHLENSCHUTZ E.V.

Zeitschrift für den sicheren Umgang mit ionisierender und nichtionisierender Strahlung



Institut für Strahlenhygiene, BfS, S. 48, 6/95

**Radioaktive Altlasten:
Das Erbe des
Atomzeitalters?**

**Tritium: Altlasten
in Deutschland und
der Schweiz**

**Radioaktiver Abfall:
Rezyklieren oder
entsorgen?**

**Tritium: Fortschritte
bei der Ökologieforschung**

**Umgebungsüber-
wachung: Kernbrenn-
stoffe und Bergbau**

**NIR: Magnetfelder
an der ICE-Strecke**



IMPRESSUM

StrahlenschutzPraxis erscheint viermal jährlich

HERAUSGEBER

Fachverband für Strahlenschutz e.V., Mitgliedsgesellschaft der International Radiation Protection Association (IRPA) für die Bundesrepublik Deutschland und die Schweiz

REDAKTION UND SCHRIFTFLEITUNG

Dr. Rupprecht Maushart
Pappelweg 38, 75334 Straubenhardt
Tel.: 07082/8658, Fax.: 07082/40206

REDAKTIONSKOMITEE

H. Brunner, R. Czarwinski, M. Winter

REDAKTIONSBEIRAT

Prof. Dr. J. Bernhardt, Prof. Dr. H. Bonka, Prof. Dr. G. Dietze, Dr. K. Duftschmid, Prof. Dr. W. Feldt, Prof. Dr. I. Gans, Dr. H. Jacobs, Prof. Dr. A. Kaul, Dr. G. Lindner, Dr. B. Michaud, Dr. S. Prêtre, Prof. Dr. Ch. Reiners, Prof. Dr. A. Scharmann, Prof. Dr. C. Streffer

VERLAG

Verlag TÜV Rheinland GmbH
Viktoriastraße 26, 51149 Köln
Postfach 90 30 60, 51123 Köln
Tel.: 02203/911 80-60, Fax.: 02203/1 54 11

GESCHÄFTSFÜHRER

Dr. Anton Reiter

PROGRAMMLEITUNG STRAHLENSCHUTZ

Gabriele Landes, Anschrift s. Verlag
Tel.: 02203/911 80-71

HERSTELLUNG

Wolfgang Stöttner, Anschrift s. Verlag
Tel.: 02203/911 80-56

ANZEIGENVERWALTUNG

Gudrun Karafiol, Anschrift s. Verlag
Tel.: 02203/911 80-73

©1995 Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln

Nachdruck und fotomechanische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Verlages, namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung der Redaktion wieder.

BEZUGSPREISE

Preis des Einzelheftes: DM 28,—
Jahresbezugspreise DM 98,— zzgl. Versandkosten,
Inlandspreise einschl. 7% Mehrwertsteuer.
Preisänderungen vorbehalten.

Sonderausgaben werden zusätzlich berechnet. Bei Nichterscheinen der StrahlenschutzPraxis ohne Verschulden des Verlages oder infolge höherer Gewalt entfällt für den Verlag jegliche Lieferpflicht. Kündigung: 6 Wochen vor Ende eines Kalenderjahres schriftlich an den Verlag.

ISSN

0947-434X

BESTELLNUMMER

9-663

MANUSKRIPTE

und Presseinformationen erbitten wir an die Schriftleitung. Für unverlangt eingereichte Manuskripte und Besprechungsexemplare wird keine Haftung übernommen.

REALISATION/LAYOUT

Assenmacher Design GmbH, Köln

DRUCK:

Moeker Merkur Druck GmbH, Köln

Inhaltsverzeichnis

EditorialSeite 2

Fachbeiträge zum Schwerpunktthema radioaktive Altlasten

Was sind radioaktive Altlasten?Seite 3

Altlasten aus viereinhalb Jahrzehnten Uranerzbergbau in Ostdeutschland: Situation, Belastungen, SanierungswegeSeite 5

Das Emissionspotential von Rückständen der UrangewinnungSeite 8

Altlasten aus der Technischen Anwendung von Strahlenquellen: Die ⁶⁰Co-Strahlenquellen in Brunnen der DDRSeite 9

Radioaktivität in Schutt und Schrott - die Proliferation von Metall aus StrahlenquellenSeite 10

Tschernobyl und die Folgen: Eine Altlast ganz besonderer ArtSeite 11

Altlasten aus der sowjetischen Produktion von Bomben-Plutonium: Majak und die Kyshtym-UnfälleSeite 14

Altlasten aus den sowjetischen Kernwaffentests: Das Polygon von SemipalatinskSeite 19

Militärische nukleare Altlasten in den arktischen MeeresgebietenSeite 21

Atom Müll im All: Lecks in Satelliten führen zur Kontamination im WeltraumSeite 22

Altlasten in der Perspektive: Nicht nur der Strahlenschutz hat SorgenSeite 23

Radioaktive Altlasten: Das Erbe des Atomzeitalters? - Ein ResümeeSeite 26

Altlast Tritium? Tritium aus industriellen Anwendungen in der UmweltSeite 30

Weitere Fachbeiträge

Radioaktiver Abfall: Rezyklieren oder entsorgen?Seite 36

Tritium, Umwelt, Mensch: Aufnahme von Tritium in WeizenSeite 39

Umgebungsüberwachung: Kernbrennstoff-Kreislauf und BergbauSeite 45

ICE als Quelle nichtionisierender StrahlungSeite 49

Kurzbeiträge

WeiterbildungSeite 55

TagungsberichteSeite 59

BüchereckeSeite 63

Neu erschienenSeite 64

Alles was Recht istSeite 66

Gremien und BehördenSeite 69

Was schreiben die anderen?Seite 72

Neu und besserSeite 74

LeserbriefeSeite 76

VermischtesSeite 79

TagungskalenderSeite 80

Nachrichten des Fachverbandes für Strahlenschutz

Vorstand und DirektoriumSeite 81

Veranstaltungen des FSSeite 82

ArbeitskreiseSeite 82



Liebe Strahlenschutz-Freunde

Zweihundertvierzig Seiten Strahlenschutz-Praxis sind bis dato geplant, geschrieben, gestaltet, gedruckt und ausgeliefert, - aber sind sie auch gelesen worden? Das möchten Verlag und Redaktion gerne von Ihnen wissen. Deshalb die Leserbefragung in diesem Heft.

Zugegeben: Zweihundertvierzig Seiten sind nahezu hundert Seiten mehr, als wir uns das zu Beginn des Projekts vorgegeben hatten. In diesen ersten Heften hat die Fülle der Wirklichkeit den Vorsatz zum Weniger einfach überwältigt, der Rohstoff der Schriftsteller blieb buchstäblich Sieger über den Rotstift des Schriftleiters: Jede Menge Strahlenschutz eben, NIR eingeschlossen.

Doch sind die Vielseitigkeit der Fachbereiche, die Spannweite der Tätigkeiten Wesensmerkmale unseres Berufsstandes. Sie gehören zur Praxis des Strahlenschutzes, und damit auch zur StrahlenschutzPraxis. Breite im Inhalt also muß sein. Und auch, wie ich meine, Großzügigkeit im Erscheinungsbild. Schließlich blickt der Leser, wenn er die Zeitschrift aufschlägt, auch in das Gesicht des Fachverbands. Nach allen bisherigen Erfahrungen fordert diese Konzeption einen Heftumfang um die siebzig Seiten. Wem dies zu viel scheint, der muß ja nicht alles lesen. Bedenken Sie bitte: Was Sie nicht interessiert, kann wichtig sein für den Kollegen. Gerade deshalb also die Frage: Sind die Seiten gleichgewichtig gefüllt, bei

welchen Rubriken bringen wir zuviel, bei welchen zu wenig?

Jetzt sind Sie dran. Füllen Sie bitte die Umfrage aus, und zwar so rechtzeitig, daß wir bei der Mitgliederversammlung in Wolfenbüttel am 25. September schon eine Auswertung vorlegen können. Ein kleines Dankeschön für Ihre Mühe gibt's gratis vom Verlag.

Ein Wort noch zur StrahlenschutzPraxis. Der Titel ist Programm und Verpflichtung für das Redaktionsteam. Aber unsere Praxis ist die Ihre. Wir wünschen uns dringend mehr Fachbeiträge aus Ihrer direkten Arbeit, mit mehr Bildern, Illustrationen, Erfahrungsberichten, Tips, Hinweisen, Warnungen. Schreiben Sie nicht für die Zeitschrift, schreiben Sie für die Leser, die Ihre Kollegen sind.

Was ist für die nächsten Hefte in der Redaktions-Pipeline? Heft 4/95 wird sich mit dem Strahlenschutz in der Medizin als Schwerpunktthema befassen. Und dann soll's ganz aktuell werden: Die StrahlenschutzPraxis kann am 10. Jahrestag des Tschernobyl-Unfalls nicht vorübergehen, ohne zu den radiologischen Folgen von einem sachlichen und wissenschaftlichen Standpunkt aus Stellung zu nehmen. Viele unserer Fachverbands-Mitglieder haben selbst und vor Ort Untersuchungen vorgenommen oder geleitet, und sie haben zum Erkennen und zum Mildern der Auswirkungen wesentlich beigetragen. Nutzen wir diese Informationen aus erster Hand, um im Heft 1/96 zum Thema „10 Jahre nach Tschernobyl“ Fakten zu liefern und Fiktionen zu widerlegen.

Und inzwischen werden wir das nächste Heft machen.

Rupprecht Maushart
Schriftleiter Strahlenschutzpraxis

Radioaktive Altlasten: Das Erbe des Atomzeitalters?

AUTOREN

Werner Burkart
Volker Franzius
Wolfgang Goldammer
Norbert Jakisch
Rupprecht Maushart
Rudolf Münze
Ingolf Winkelmann

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Artikelserie fügt die Beiträge von sieben kompetenten Autoren zu einem umfassenden Überblick über das globale Problem der radioaktiven Altlasten im zivilen und militärischen Bereich zusammen. Insbesondere werden Situation und Auswirkungen der radioaktiven Hinterlassenschaften von Uranerzbergbau in Ostdeutschland, Kernwaffenherstellung und -tests in den Gebieten der ehemaligen UdSSR und des Reaktorunfalls von Tschernobyl dargestellt und die Hilfs- und Sanierungsmaßnahmen erläutert. Eine Beschreibung der Lage bei konventionellen Altlasten bringt abschließend die Radioaktivität in den Gesamtzusammenhang der Altlastenproblematik.

SUMMARY

This series of articles combines the individual contributions of seven competent authors to a comprehensive survey on the global problem of civilian and military radioactive residues. Above all, situation and effects of the radioactive estates of the Uranium mining in East Germany, of nuclear weapons manufacturing and testing in the former Soviet Union and of the Chernobyl accident are shown and the rehabilitation measures explained. A description of the problems with conventional residues puts the radioactivity in perspective to the situation as a whole.

Was sind Radioaktive Altlasten?

Radioaktive Altlasten, im umfassenden Sinne dieses Schwerpunktthemas, lassen sich beschreiben als eine Ansammlung von Radionukliden in einem definierten Bereich unserer Umwelt, die in der Folge einer vorausgegangenen menschlichen Tätigkeit entstanden ist und die ein potentiell oder konkretes Risiko darstellt, das Schutz- und Sanierungsmaßnahmen zumindest diskussionswürdig macht. Die so definierten Altlasten, von der Urangewinnung bis zu Wracks von atombetriebenen U-Booten und Reaktoren in Satelliten, stammen vorwiegend aus dem militärischen Bereich; Tschernobyl stellt einen Grenzfall dar und zeigt, wie eng zumindest in den Kernwaffenstaaten militärische und zivile Nutzung verflochten waren.

Das Altlastenrecht allerdings faßt den Begriff enger und versteht darunter mit chemischen radioaktiven Ablagerungen kontaminierte Bodenflächen. Der deutsche Juristentag hat erst kürzlich in einer gerade vom Standpunkt des Strahlenschutzes sehr zu begrüßenden Initiative auf die Notwendigkeit hingewiesen, das Altlastenrecht bundeseinheitlich zu normieren und dabei auch die Finanzierung der Altlastensanierung zu regeln [1]. Im einführenden Beitrag zum Schwerpunktthema dieses Heftes werden einige wichtige Punkte dazu angesprochen. Weitere Aspekte des Begriffs „Altlasten“ finden sich im Teilbeitrag „Altlasten in der Perspektive“ ab Seite 23.

Allgemeine und radioaktive Altlasten

Radioaktive Altlasten nehmen zwar im allgemeinen Altlasten- und Abfallbeseitigungsrecht eine Sonderstellung ein, weil radioaktive Abfälle nach den Rechtsbestimmungen des Atomgesetzes und der Strahlenschutzverordnung behandelt werden. Dennoch liegen bei der juristischen Bewertung von allgemeinen und radioaktiven Altlasten weitgehend gemeinsame Rechtsgrundsätze vor. Einen umfassenden Überblick über die Gesamtproblematik vermitteln zwei Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen für den Deutschen Bundestag [2,3].

Altlastenbegriff

Altlastenrecht, so der Deutsche Juristentag, ist eine spezielle Ausprägung des Sicherheitsrechts, nicht des vorsorgenden Bodenschutzrechts. Der Altlastenbegriff soll deshalb allein an das Vorliegen einer Gefahr gebunden sein. Allerdings ist der Strahlenschutz seiner Natur nach vorbeugend, so daß mir als Nicht-Juristen hier der Begriff „Risiko“ im Sinne der ICRP-Definition treffender erschiene.

Ermittlung, Untersuchung, Feststellung

Zu diesem Komplex konstatiert der Deutsche Juristentag eine bestehende Rechtsunsicherheit. Er fordert bundeseinheitliche Bewertungsmaßstäbe für die Gefahrenermittlung, um das bisherige „begriffliche Durcheinander“ zu beseitigen. Dafür wird vorgeschlagen, schadstoffbezogene bundeseinheitliche „Prüfwerte“ festzulegen, wobei auch Bestimmungen über Probenahme, Analytik, Meßwertauswertung und Qualitätssicherung einbezogen werden sollen.

Außer den Prüfwerten werden - meist höhere - „Maßnahmewerte“

gefordert, die eine schutzgutbezogene Gefahrgrenze markieren, sofern ausreichende naturwissenschaftlich-technische Erkenntnisse vorliegen.

Sanierungspflichten und Sanierungsverantwortliche

Kernsatz dieses Themenkreises ist, daß nicht jede Altlast saniert werden muß. Als Sanierungsmaßnahmen sind, entsprechend der Verhältnismäßigkeit der Mittel, Dekontamination, Sicherung und Überwachung gleichwertig. Auch Sanierung durch Nutzungsumwidmung ist im Einzelfall zulässig.

Die Sanierung hat einen Zustand zum Ziel, der auf Dauer unterhalb der Gefahrenschwelle liegt. Eine darüber hinausgehende Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands kann nicht verlangt werden. Allerdings ist hier anzumerken, daß sich über die Gefahrenabwehr hinausgehende Sanierungsziele kaum einheitlich festlegen lassen, sondern ebenso wie die Sanierungsmaßnahmen dem Einzelfall anzupassen sind.

Wenn auch für die Verantwortlichkeit das Verursacherprinzip zu gelten hat, so sind die Ausführungen des Deutschen Juristentags zu diesem Punkt sehr differenziert, zumal ja der Verursacher oft nicht zur Haftung herangezogen werden kann, weil er nicht greifbar ist oder nicht mehr existiert. Was den Grundstückseigentümer betrifft, so ist sehr viel von „herkömmlichen polizeirechtlichen Maßstäben“ und von „Zumutbarkeitsgesichtspunkten“ die Rede.

Verwaltungsmaßnahmen

Ein weiterer Abschnitt ist den Verwaltungsverfahren gewidmet. Ob eine Altlast vorliegt oder nicht, sollte durch Verwaltungsakt festgestellt werden. Dem Verantwortlichen soll die Aufstellung eines Sanierungskonzepts auferlegt werden können,

gegebenenfalls auch die Beauftragung von Sachverständigen, um so die Grundlage behördlicher Sanierungsentscheidungen zu schaffen.

Das globale Problem der radioaktiven Altlasten

Der nicht-juristisch definierte Begriff der radioaktiven Alt- oder Erblasten umfaßt allerdings, wie schon einleitend dargestellt, weit mehr als ehemaligen Uranbergbau, Sickerwasser aus Müllhalden oder Rückstände der Uhrenindustrie. Über radioaktiven Fallout, Radioaktivität in Alteisen oder Ableitungen und Deponien militärischer Nuklearkomplexe sind radioaktive Altlasten zum globalen Problem geworden, das sich weitgehend einer juristischen Aufarbeitung entzieht.

Das Schwerpunktthema dieses Heftes gibt demzufolge auf internationaler Basis einen Überblick über die zahlreichen Facetten der heute bekannten radioaktiven Altlasten. Die Öffnung des sowjetischen Einflußbereichs in den letzten Jahren und die verhältnismäßig engen Kontakte mit deutschen Behörden haben es möglich gemacht, daß die Verhältnisse in diesen Ländern recht detailliert beschrieben werden können. Dagegen fehlen - die Schriftleitung ist sich dessen durchaus bewußt - vergleichbare Teilberichte aus den nuklearmilitärischen Komplexen der übrigen Atomwaffenstaaten England, Frankreich, den USA und, vor allem, China. Von Frankreich waren trotz intensiver Bemühungen keine Angaben zu erhalten, was vielleicht angesichts der bevorstehenden neuen Tests nicht verwundern sollte; eine Informationsbeschaffung aus den übrigen Staaten ging über die beschränkten Recherchemöglichkeiten der Schriftleitung weit hinaus. Sie hofft jedoch auf Quellenhinweise von Lesern der Strahlenschutz-Praxis, die es besser wissen. □

Attlasten aus viereinhalb Jahrzehnten Uranerzbergbau in Ostdeutschland: Situation, Belastungen, Sanierungswege

Eines der größten Umweltsanierungsprojekte Deutschlands ist die Sanierung der Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus, der vor allem in Sachsen und Thüringen durch die WISMUT von 1946 bis 1990 betrieben wurde. Erforderlich ist die Isolierung radioaktiver und chemischer Schadstoffe in Halden, Schlammteichen und Bergwerken von der Biosphäre. Die Sanierungsaktivitäten haben bereits im Jahr 1990 begonnen, werden voraussichtlich aber noch bis in das nächste Jahrtausend andauern. Der Beitrag gibt einen Überblick der Situation, Belastungen, Sanierungsmöglichkeiten und des erreichten Fortschritts.

Uranerzbergbau in Ostdeutschland

Mit einer Gesamtproduktion von 220.000 Tonnen Uran hielt die DDR im Jahre 1990 die Position des weltweit drittgrößten Uranproduzenten nach den USA und Kanada. Diese hohen Erträge waren nur durch intensiven Uranerzbergbau zu erzielen, den die Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft SDAG WISMUT - bis 1954 Sowjetische Aktiengesellschaft WISMUT (SAG WISMUT) - bis zu diesem Zeitpunkt in Sachsen und Thüringen betrieb.

In den Lagerstätten dieser Regionen finden sich überwiegend Uranerze mit relativ geringem Urangehalt. Um hier Uran in wirtschaftlich interessanten Mengen zu gewinnen, mußten somit schon beim Abbau enorme Massen an Erz und Abraummaterialien bewegt werden. Entsprechend präsentieren sich die bergbaulichen Hinterlassenschaften der SDAG WISMUT als massive Eingriffe in Natur und Landschaft. Radioaktive und chemische Schadstoffe belasten zudem die Umwelt in einem Ausmaß, das eine langfristig sichere Sanierung erforderlich macht.

Die Bundesrepublik Deutschland übernahm nach der Wiedervereinigung die Anteile der DDR an der SDAG WISMUT und vereinbarte mit der Sowjetunion, die Urangewinnung einzustellen. Mit

der Übertragung der sowjetischen Aktienanteile ging die alleinige Verantwortung für die Sanierung und Rekultivierung des Uranbergbaugebiets auf die Bundesrepublik über.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben wandelte man die SDAG WISMUT in eine GmbH um. Alleingesellschafterin ist die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Wirtschaft

(BMWi). Gesellschaftszweck ist die Stilllegung der Altanlagen und die damit verbundene Sanierung und Rekultivierung. Die Verantwortung der WISMUT GmbH erstreckt sich heute auf die Bergbaustandorte Aue, Königstein und Ronneburg sowie auf die beiden Aufbereitungsstandorte Seelingstädt und Crossen.

Flächen und Anlagen dagegen, die die SDAG WISMUT bereits in den fünfziger und sechziger Jahren an die Gebietskörperschaften zurückführte, sind nicht in das Sanierungsprogramm der WISMUT GmbH eingeschlossen. Die Frage, wer die Sanierung dieser sogenannten Attlasten übernimmt, ist derzeit noch offen. Ein radiologisches Untersuchungsprogramm zur Einschätzung der Belastungen wird aber bereits seit 1991 vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) durchgeführt.

Bergbauliche Hinterlassenschaften

Die Gewinnung der Erze erfolgte sowohl in Tagebauen als auch in Untertagebergwerken. In beiden Fällen fiel Abraummaterial an, das wegen seines geringeren Urangehalts nicht zur Aufberei-

Abb. 1: Übersicht der Sanierungsprojekte der WISMUT zu Beginn der Sanierung (nach BMWi Dokumentation Nr. 335, „WISMUT - Stand der Stilllegung und Sanierung“, Bonn, August 1993)

| | Aue | Königstein | Drosen | Ronneburg | Seelingstädt | Summe |
|----------------------------------|-------|------------|--------|------------|--------------|--------|
| Betriebsgröße [ha] | 569,4 | 143,3 | 348,6 | 1322,1 | 1314,8 | 3698,3 |
| Tagesschächte | 8 | 10 | 9 | 29 | 0 | 56 |
| Halden | | | | | | |
| - Anzahl | 20 | 3 | 3 | 13 | 9 | 48 |
| - Aufstandsfläche [ha] | 342,3 | 37,9 | 52,4 | 552,0 | 533,1 | 1517,7 |
| - Volumen [Mio. m ³] | 47,2 | 4,5 | 9,0 | 178,8 | 72,0 | 311,5 |
| Absetzbecken | | | | | | |
| - Anzahl | 1 | 3 | 2 | 1 | 7 | 14 |
| - Fläche [ha] | 3,5 | 4,6 | 5,4 | 3,6 | 706,7 | 723,8 |
| - Inhalt [Mio. m ³] | 0,3 | 0,2 | 0,22 | 0,03 | 159,7 | 160,45 |
| Grubengebäude | | | | | | |
| - Ausdehnung [km ²] | 30,7 | 7,1 | 30,5 | 42,9 | 0 | 111,2 |
| - offene Länge [km] | 240 | 112 | 418 | 625 | 0 | 1395 |
| Tagebaue | | | | | | |
| - Anzahl | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| - Fläche [ha] | 0 | 0 | 0 | 160 | 0 | 160 |
| - Volumen [Mio. m ³] | 0 | 0 | 0 | 84 (offen) | 0 | 84 |

Anmerkung: Der frühere Bergbaubetrieb Drosen ist heute Betriebsteil des Sanierungsbetriebs Ronneburg; der in der Tabelle angeführte Sanierungsbetrieb Seelingstädt umfaßt die beiden ehemaligen Aufbereitungsstandorte Seelingstädt und Crossen.

tung geeignet war und auf Halden abgelagert wurde.

Das Erz wurde in Aufbereitungsanlagen transportiert. Nach dem Brechen und Mahlen des Erzes erfolgte die Uranextraktion mit Säuren oder Laugen. Das durch den Auslaugungsprozeß in Lösung überführte Uran wurde chemisch abgetrennt und in weiteren Reinigungs- und Trocknungsstufen zu Yellow Cake (Ammoniumdiuranat) verarbeitet.

Die bei dem beschriebenen Prozeß übrigbleibenden Feststoffe (das gemahlene Erz) enthalten den nicht extrahierten Anteil an Uran (5 - 10% des ursprünglichen Urans) sowie die Tochter-nuklide von Uran (nahezu) in ihren ursprünglichen Konzentrationen. Diese Feststoffe wurden als Schlamm (Tailings) über Rohrleitungen in Absetzbecken (Schlammteiche) gepumpt. Diese Becken sind entweder natürlich begrenzt (z.B. bei der Benutzung von Tagebaurestlöchern) oder durch Dämme eingefaßt. Eine Übersicht der von der WISMUT GmbH insgesamt zu sanierenden Altlasten gibt Abb. 1. Aus den Angaben wird die enorme Größe der Halden, Absetzanlagen und Bergwerke deutlich, die in dieses komplexe Sanierungsprogramm einbezogen sind.

Belastungen und Belastungsspfade

Radioaktive Belastungen entstehen im wesentlichen durch die Radionuklide der Uran-238-Zerfallsreihe. Neben Uran-238 und Uran-234 können besonders die langlebigen Nuklide Thorium-230, Radium-226 und Blei-210 sowie das Edelgas Radon-222 und seine kurzlebigen Tochter-nuklide signifikante Belastungen verursachen. Aber auch die Nuklide der anderen natürlichen Zerfallsreihen, wie etwa das Actinium-227, müssen bei der Einschätzung entstehender Strahlenbelastungen berücksichtigt werden.

Zusätzliche Belastungen können durch konventionelle chemische Schadstoffe entstehen. Im Uranerzabbau sind dies vor allem Schwermetalle, die in den Erzen und im Abraummateriale enthalten

sind, sowie Chemikalien, die während des Aufbereitungsprozesses eingesetzt werden und zusammen mit den Aufbereitungsrückständen in die Absetzanlagen gelangen. Zudem können in Erz und Abraum Eisensulfide wie Pyrit vorkommen, aus denen sich unter dem Einfluß von Luftsauerstoff Schwefelsäure bilden kann. Die Schwefelsäure, die selbst ein Gewässerschadstoff ist, mobilisiert darüber hinaus andere Kontaminanten, wie z.B. Uran.

Das Beispiel der Pyritoxidation zeigt, daß radioaktive und chemische Schadstoffe in vielfältigen Wechselwirkungen stehen. Eine realistische Einschätzung des Gefährdungspotentials ist somit nur im Rahmen einer integrierten Betrachtung möglich.

Konkrete Risiken für den Menschen ergeben sich durch die Inkorporation von chemischen oder radioaktiven Substanzen. Wichtige Transferpfade sind die luftgebundene Ausbreitung (Radon, kontaminierter Staub), der Wasserpfad sowie der Verzehr von kontaminierten Lebensmitteln. Weitere radioaktive Belastungen können durch Direktstrahlung beim Aufenthalt auf kontaminierten Flächen auftreten. Zusätzliche Probleme bereitet oft die geomechanische Stabilität. Dies schließt Bergschäden bei Untertagebergbau sowie mögliche Instabilitäten der Böschungen von Halden oder der Dämme von Absetzanlagen ein.

Sanierungswege

Die prinzipielle Aufgabe der Sanierung besteht darin, Belastungen so weit zu vermindern, daß die verbleibenden Risiken akzeptabel sind. Eine vollständige Beseitigung aller Belastungen ist aber in der Regel nicht möglich, da die massiven Eingriffe in die Natur, denen man sich bei Bergbaufolgelandschaften gegenüber sieht, nicht mehr rückgängig zu machen sind. So ist es selbst bei Vernachlässigung ökonomischer Faktoren normalerweise nicht möglich, die vorhandenen kontaminierten Materialien wieder an ihren Ursprungsort zurückzubringen, da die durch den Abbau entstandenen

Hohlräume eingestürzt oder mit Versatz verfüllt worden sind. Entsprechend lassen sich auch andere Bergbaufolgen nicht mehr rückgängig machen, wie z.B. durch bestimmte Abbauverfahren (Bruchbau) entstandene Risse im Bergkörper.

Realisierbare Sanierungswege zielen darauf ab, kontaminierte Materialien weitgehend und langfristig von der Biosphäre zu isolieren und verbleibende Kontaminationsausträge in Luft, Boden und Wasser so gering zu halten, daß sie zu keinen inakzeptablen Belastungen mehr führen können.

Dazu bieten sich prinzipiell die folgenden Sanierungswege an:

- Die Abdeckung von Halden oder Absetzanlagen mit Ton, Boden oder anderen Materialien kann bei geeigneter Auslegung das Einsickern von Niederschlagswasser und damit den Anfall kontaminierter Sickerwässer reduzieren. Außerdem wird die Ausgasung von Radon und die Direktstrahlung vermindert. Die Abdeckung kann am derzeitigen Ort der Halde oder Absetzanlage oder nach Umlagerung an einen zur endgültigen Sanierung geeigneteren Ort erfolgen.
- Um Flächen, etwa Betriebsgelände, erneut nutzbar zu machen, kann man kontaminiertes Bodenmaterial auskoffern und z.B. auf Halden oder in Absetzanlagen deponieren. Bei Gebäuden können verunreinigte Oberflächen unter Umständen dekontaminiert werden. Anderenfalls ist der gezielte Rückbau und die sachgerechte Entsorgung der kontaminierten Materialien erforderlich.
- Bei Bergwerken kann durch das gezielte Versetzen oder Abdämmen von Grubenbereichen und die Verfüllung von Schachtröhren das nach der Flutung sich einstellende Grundwasserregime so beeinflusst werden, daß die auftretenden Kontaminationen des Grundwassers vermindert werden. Falls eine ausreichende Reduzierung des Schadstoffgehalts im Grundwas-



ser durch derartige Maßnahmen nicht möglich ist, kann die langfristige Fassung und Reinigung kontaminierter Grundwässer erforderlich werden.

Bei allen Maßnahmen zur Verminderung der Schadstofffreisetzung kommt der langfristigen Stabilität eine entscheidende Bedeutung zu. Alle zum Schutz der Biosphäre errichteten Barrieren sollten so lange wie möglich gegenüber natürlichen Prozessen, die ihre Integrität zerstören können, stabil sein. Beispiele für derartige Prozesse sind die Wind- und Wasserosion. Bei Absetzanlagen kommt als zusätzliche wichtige Anforderung hinzu, daß die langfristige Stabilität der Dammbauwerke gewährleistet sein muß. Ein ausreichender Schutz von Mensch und Umwelt über Jahrhunderte kann aber bei einigen bergbaulichen Altlasten auch bei aufwendiger Auslegung der Barrieren nicht garantiert werden, ohne daß deren Funktionieren überwacht wird und erforderlichenfalls Reparaturmaßnahmen eingeleitet werden. Damit kommt dem Fortbestehen einer institutionellen Kontrolle über die sanierten Bergbauobjekte eine wichtige Rolle zu, die zudem die Einhaltung erforderlicher Nutzungseinschränkungen (Boden- oder Wassernutzung) sicherstellen muß. Die Anforderungen an den Umfang institutioneller Kontrollmaßnahmen sollten aber so weit wie möglich vermindert werden. Damit wird die passive Sicherheit von Barrieren zu einem wichtigen Optimierungsparameter bei der Sanierungsplanung.

Bewertungskriterien

Grundlage für die Definition von Sanierungszielen ist die gemäß Einigungsvertrag fortgeltende Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz (VOAS) der ehemaligen DDR, in der die Prinzipien Rechtfertigung, Optimierung und Dosisbegrenzung der internationalen Strahlenschutzkommission ICRP verankert sind. Bei der Anwendung dieser Vorschriften ist zu beachten, daß es sich bei der Sanierung

bergbaulicher Hinterlassenschaften um keine geplante Tätigkeit, sondern um Interventionsmaßnahmen handelt, da man einer vorgegebenen Situation gegenübersteht. Unter diesen Rahmenbedingungen ist gemäß Vorgabe des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) der als Ergebnis der Sanierung zu erreichende Zustand einzelfallbezogen unter Abwägung aller relevanten Umstände im Rahmen eines Optimierungsprozesses zu bestimmen. Dabei übernehmen Richtwerte anstelle der bei geplanten Tätigkeiten geltenden Grenzwerte die Funktion der Begrenzung der individuellen Strahlenexposition.

Ausgehend von diesen Vorgaben ist daher zunächst die Rechtfertigung der Sanierungsmaßnahme durch einen resultierenden Umweltnutzen nachzuweisen. Außerdem muß durch ausreichend konservative Abschätzungen der Dosisbelastung für Arbeitnehmer und Bevölkerung die Einhaltung der Richtwerte für die Individualdosis nachgewiesen werden. Sodann ist die Sanierungsmaßnahme auf Optimalität zu prüfen. Dieser Optimierungsprozeß beinhaltet den Vergleich mit den bestehenden, sinnvollen Sanierungsalternativen und die Ermittlung der unter Aspekten wie Verminderung von Belastungen, langfristige Sicherheit, Landschaftsgestaltung, Flächennutzung, Naturschutz, öffentliche Akzeptanz und Kosten optimalen Sanierungsvariante.

Eine wichtige Rolle bei der Einschätzung des Sanierungsbedarfs an den Altlast-Standorten spielen die Empfehlungen der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK) zur Freigabe kontaminierter Materialien und Flächen. Der Grundgedanke besteht darin, allgemeine Unbedenklichkeitswerte zu definieren, bei deren Einhaltung verbleibende Strahlenbelastungen in jedem Fall akzeptabel sind. Daher wurden die Berechnungen, die den Empfehlungen zugrunde liegen, so konservativ angelegt, daß die zu erwartenden Bedingungen an allen Standorten abgedeckt werden, die in den Gültigkeitsbereich der

Empfehlungen fallen. Dementsprechend sieht die SSK die von ihr empfohlenen Freigabewerte nicht als Obergrenzen an, sondern als Kriterien, bei deren Überschreitung eine standortbezogene, realistische Einschätzung der tatsächlichen Belastungen erfolgen sollte.

Standortbezogene Sanierungsziele gegenüber starren Standards

Die standortbezogene Einschätzung von Belastungen und die Ableitung von Sanierungskonzepten durch Optimierungsverfahren entspricht der Vorgehensweise der meisten anderen Länder mit Uranerzbergbau (z.B. Kanada, Frankreich) bei ähnlichen Sanierungsaufgaben. Eine wichtige Ausnahme bilden die USA, wo standortunabhängig allgemeine Sanierungskriterien vorgeschrieben sind.

Dieser von starren Standards ausgehende Ansatz hat den entscheidenden Nachteil, daß die an einem konkreten Standort vorherrschenden geologischen, topographischen und meteorologischen Bedingungen nicht berücksichtigt werden. Damit haben allgemeine Standards keinen direkten Bezug zu den tatsächlich auftretenden Belastungen. Da sich die Bedingungen an den verschiedenen deutschen Standorten sehr stark voneinander unterscheiden, würde dieser Ansatz im Vergleich zur USA erheblich restriktivere Kriterien erfordern, um auch an Standorten mit ungünstigen Bedingungen einen ausreichenden Schutz der Bevölkerung zu gewährleisten. Für Standorte mit günstigeren Bedingungen würden dann im Sinne einer Risikoverminderung unnötige Maßnahmen resultieren. Daher ist für die deutsche Situation die Definition von Sanierungszielen mit Hilfe standortbezogener Optimierungsprozesse vorzuziehen.

Konkrete Durchführung von standortspezifischen Optimierungsverfahren

Bei der konkreten Umsetzung der standortbezogenen Optimierungsanforderung ist man, zumindest bei komplexeren Standorten, auf die modellmäßige Ab-

schätzung von Belastungen angewiesen. Benötigt werden z.B. hydrogeologische und geochemische Modelle zur Beurteilung der Schadstoffausbreitung im Grundwasser und atmosphärische Ausbreitungsmodelle für Radon. Umfangreiche Arbeiten auf diesem Gebiet haben gezeigt, daß durch den Einsatz derartiger Modelle sowohl die Ermittlung des Sanierungsbedarfs an einzelnen Standorten (Identifizierung der relevanten Belastungsquelle) als auch langfristige Aussagen zur Wirksamkeit von Sanierungsmaßnahmen möglich sind.

Wesentliche Voraussetzung für Standortmodelle sind Daten, die durch entsprechende Meßprogramme erhoben werden müssen, um die Modelle anpassen und kalibrieren zu können. Derartige Meßprogramme werden sowohl von der WISMUT GmbH für ihre Flächen wie auch für die Altlasten im Auftrag des BFS durchgeführt. Eine wichtige Rolle bei der Datenbewertung spielt die angemessene Berücksichtigung von Datenunsicherheiten, die insbesondere bei langfristigen Einschätzungen erheblich sein können. Eine konsistente Berücksichtigung von Unsicherheiten ist mittels statistischer Bewertungsverfahren möglich.

Die Optimierung des Sanierungskonzepts für einen Standort besteht zunächst darin, die technisch machbaren und im Prinzip sinnvollen Sanierungsvarianten unter Verwendung der Standortmodelle hinsichtlich der erreichbaren Risikoverminderung zu bewerten. Dabei sind sowohl radiologische wie auch konventionelle Risiken relevant. Der erreichbare Nutzen ist für die einzelnen Varianten den durch die Sanierung selbst erzeugten Zusatzrisiken und den erforderlichen Kostenaufwendungen gegenüberzustellen. Neben diesen quantifizierbaren Kosten/Nutzen-Aspekten können noch weitere qualitative Faktoren wie z.B. Landschaftsgestaltung oder Naturschutz für den Vergleich von Sanierungsvarianten wichtig werden.

Eine zur Zeit intensiv diskutierte Frage besteht darin, inwieweit und in welcher Form quantitative Optimierungsverfahren

durchgeführt werden sollen. Die Entscheidung dieser Frage hat neben ethischen Aspekten weitreichende praktische Konsequenzen.

Ein quantitativer Vergleich des Nettonutzens verschiedener Sanierungsvarianten würde die Festlegung des monetären Gegenwerts einer Risikoverminderung erfordern. Weiter wäre es notwendig, die relative Wichtung qualitativer Faktoren - soweit diese zu berücksichtigen sind - festzulegen. Die technische Durchführung der Optimierung würde zudem die Festlegung weiterer Parameter wie z.B. des den Betrachtungen zugrundeliegenden Zeitraums erfordern.

Stand der Sanierung und Ausblick

Die bisherigen Sanierungsaktivitäten haben sich zunächst vor allem auf den untertägigen Bereich konzentriert. Übertä-

gig wurden bereits frühzeitig Sofortmaßnahmen zur Verminderung hoher Belastungen realisiert. Mittlerweile haben aber auch weitergehende Maßnahmen wie die Halden- und Flächensanierung in größerem Umfang begonnen. Am weitesten fortgeschritten sind die übertägigen Maßnahmen am Standort Ronneburg, wo die Verfüllung des Tagebaurestlochs mit Haldenmaterial vorgenommen wird. Die bisherigen Fortschritte bei Konzeptentwicklung, behördlicher Prüfung und Sanierungsdurchführung erlauben die Vorhersage, daß eine sachgerechte Sanierung der Altlasten des Uranerzbergbaus in Ostdeutschland möglich sein wird. Der bereits frühzeitig abgeschätzte Kostenrahmen von 13 Milliarden DM über einen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren wird für die Sanierung der WISMUT-Altlasten aller Voraussicht nach ausreichend sein. □

Das Emissionspotential von Rückständen der Urangewinnung

Hinterlassenschaften der Urangewinnung enthalten erhebliche Mengen an Uran, Thorium, Radium und deren Zerfallsprodukte. Ihre derzeitige Freisetzungsraten kann meßtechnisch bestimmt und zur Grundlage von Sanierungsentscheidungen gemacht werden. Veränderungen des geochemischen Zustands in Jahrzehnten bis Jahrhunderten können jedoch das Emissionsverhalten ändern. Deshalb sind Methoden zu entwickeln, die wissenschaftlich begründete Vorhersagen ermöglichen. Eine dieser Methoden ist die mathematische Modellierung des chemischen Reaktionssystems. Ein Fachbeitrag von R. Münze (Dresden), der sich ausführlich damit beschäftigt, liegt der Redaktion vor und wird in Heft 4/95 veröffentlicht. Wegen der Bedeutung für das Schwerpunktthema folgt hier bereits eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse.

Ausgangslage

Die Methode der Modellierung wurde konkret angewendet auf eine Ablagerung von Rückständen der Uranerzaufbereitung (Tailings) im Raum Dresden/Coschütz-Gittersee

mit dem Ziel, die aktuellen und zukünftigen Emissionspotentiale einzuschätzen und daraus Schlüsse auf notwendige Sanierungsmaßnahmen zu ziehen.

In einem der ehemaligen Schlamm-

teiche lagern 3,4 Mio. t schwefelsauer aufgeschlossene Aufbereitungsrückstände von Erzen mit einem Radioelementinventar von ca. 1.500 t Uran und ca. 1-2 kg Radium. Nach der Auflassung 1962 wurden die Tailings ab 1974 mit einer bis zu 15 m mächtigen Hausmüll- und Ascheschicht abgedeckt. Den laufenden Sanierungsarbeiten liegen die Ergebnisse aus der Erkundung und deren Bewertung durch hydrologische und chemische Modellrechnungen zugrunde.

Schlußfolgerungen

Als Eingangswerte für die Rechnungen wurden die Elementgehalte der Porenwässer und Bodengaskonzentrationen eingesetzt, die durch Analysen nach DIN bestimmt wurden. Der Radioelementgehalt wurde durch hochauflösende Gamaspektrometrie ermittelt. In der Müll-Asche-Abdeckung lösen sich unter dem Einfluß des entstehenden CO₂ Erdalkalicarbonate zu Bicarbonaten, die in die Tailingschicht einsickern und dort wieder unter CO₂-Freisetzung als Carbonate ausfallen.

Die gegenwärtig geringe Uranemission beruht auf dem niedrigen Redox-Potential und der Ausfällung von Uraninit. Radium liegt als Mischkristall mit Barit vor. Thorium ist an Fe(OH)₃ adsorbiert. Bei Stabilisierung der gegenwärtigen hydrologisch-geochemischen Bedingungen ist deshalb auch langfristig keine wesentliche Erhöhung der Radioelement- und Schwermetall-Emission zu erwarten. Die Auswirkungen von Veränderungen in den Gleichgewichtsbedingungen werden in der Originalarbeit diskutiert. □

Atlanten aus der Technischen Anwendung von Strahlenquellen: Die ⁶⁰Co-Strahlenquellen in Brunnen der DDR

In der ehemaligen DDR wurden ⁶⁰Co-Strahlenquellen mit Aktivitäten von jeweils ca. 6 TBq zur Abtötung von Mikroorganismen in Trinkwasserbrunnen eingesetzt; die Methode erwies sich allerdings als erfolglos. Von den ursprünglich 6.000 Quellen in 330 Trink- und Brauchwasserbrunnen sind heute bis auf schwer zu entfernende 310 Quellen in 10 Brunnen alle geborgen. Zu den verbleibenden Quellen hat die SSK eine Stellungnahme abgegeben [1], die das Kontaminationsrisiko als gering einstuft. Dennoch ist eine meßtechnische Überwachung des Grundwassers in der Umgebung der gesicherten Brunnen vorgesehen.

Zweck, Form und Einbau der Quellen

Ende der 60er Jahre wurde in der ehemaligen DDR ein Verfahren zur Bestrahlung von Brunnenfiltern mit Gammastrahlung entwickelt. In Brunnen mit eisen- und manganhaltigen Grundwässern kommt es durch chemische und biologische Prozesse zur Verockerung der Filter, die durch das Zusetzen der Porenkanäle im Filterkies und der Eintrittsschlitze in den Filterrohren gekennzeichnet ist. Dadurch erhöht sich der Filterwiderstand, was einen erhöhten Energiebedarf bei der

Wassergewinnung zur Folge hat und letztlich zur Unbrauchbarkeit der Brunnen führt. Dem Verfahren lag der Gedanke zugrunde, in Brunnen, bei denen der biologische Verockerungsprozeß dominiert, die Gammastrahlung umschlossener ⁶⁰Co-Strahlenquellen zur Hemmung bzw. Verhinderung dieses Prozesses einzusetzen.

Anfang der 70er Jahre wurde mit der Ausrüstung von Trink- und Brauchwasserbrunnen mit ⁶⁰Co-Bestrahlungsquellen begonnen. Die Bestrahlungsquellen bestanden aus mehr oder weniger langen Edelstahlrohren, in

denen eine Anzahl ⁶⁰Co-Quellen, den Erfordernissen entsprechend durch Distanzstücke getrennt, hintereinander angeordnet waren und so eine diskontinuierliche Linienquelle bildeten. Die Sonden waren mit bidestilliertem Wasser gefüllt und durch ein Überdruckventil verschlossen. Als Strahler wurden anfangs in der Sowjetunion, später in der DDR hergestellte doppelt in Edelstahl gekapselte und verschweißte ⁶⁰Co-Quellen mit einer mittleren Nennaktivität von 5,3 TBq verwendet. Die Länge der stabförmigen Quellen betrug 81 mm und der Durchmesser 11 mm. Die Bestrahlungsquellen waren in den Brunnen entweder an einem Dederonseil frei hängend oder in Schutzrohren im Kiesfilter hängend oder stehend angeordnet. Pro Brunnen waren bis zu 3 Sonden eingesetzt.

Der Nutzeffekt bleibt aus

In der Mitte der 80er Jahre hatte die Ausrüstung von Trink- und Brauchwasserbrunnen mit ⁶⁰Co-Quellen ihren Höhepunkt erreicht. Zu dieser Zeit waren in rund 350 Brunnen ca. 7.500 Quellen eingesetzt. Der erhoffte wirtschaftliche Nutzen war jedoch in vielen Fällen nicht eingetreten. Bei der kampagneartig durchgeführten Aktion waren viele Brunnen mit Strahlenquellen beladen worden, bei denen nicht die im Grundwasser ablaufenden biologischen Prozesse für die Ver-

ockerung der Brunnenfilter bestimmend waren und demzufolge der Bestrahlungseffekt ausbleiben mußte. Damit war offenkundig, daß die Mehrzahl der Strahlenquellen ohne Nutzeffekt in den Brunnen eingebaut ist. Auch für die anderen Brunnen konnte der ökonomische Nutzen der Filterbestrahlung nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden. Deshalb wurde die Entscheidung getroffen, das Verfahren einzustellen und den Ausbau und die Entsorgung der Strahlenquellen vorzubereiten.

Ausbau der Quelle

Bis Mitte 1990 waren etwa 500 Strahlenquellen aus 20 Trinkwasserbrunnen ausgebaut. Durch den Einigungsvertrag in Verbindung mit dem Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-gesetz entstand eine neue Situation. Die Bestrahlung des Trinkwassers in den mit Quellen ausgerüsteten Brunnen war nur noch bis zum 31.12.1992 erlaubt. Bis zu diesem Zeitpunkt sollten die Strahlenquellen aus den Trinkwasserbrunnen ausgebaut oder die Brunnen außer Betrieb genommen werden. Obwohl der Quellenausbau nun verstärkt durchgeführt wurde, waren zu dem angegebenen Termin noch ca. 750 Strahlenquellen in 26 Trinkwasserbrunnen eingebaut, die nun stillgelegt werden mußten. Der weitere Quellenausbau gestaltete sich zunehmend schwieriger. Es kam zu Kiesfiltereinbrüchen und zu Beschädigungen von Schutzrohren und von Bestrahlungs sonden, Sondenabrisse führten zum Absinken von Sonden auf den Brunnenboden. Durch Sondenruptionen freigewordene Strahlenquellen gelangten ins Kiesfilter, andere in den Schlamm auf der Brunnensohle. Durch die Zusammenarbeit der auf die Entsorgung von Strahlenquellen spezialisierten Unternehmen mit Brunnenbaubetrieben konnten bis Mitte 1994 rund weitere 300 Strahlenquellen aus Trinkwasserbrunnen geborgen werden.

Empfehlungen für die verbleibenden Quellen

Zur Zeit befinden sich noch ca. 310 Quellen in 10 havarierten Trinkwasserbrunnen, deren Bergung nur mit einem großen Kostenaufwand und mit dem Risiko größerer Strahlenexpositionen des Bergungspersonals verbunden ist. Deshalb hat sich die Strahlenschutzkommission Ende 1994 mit der Frage des Verbleibens der schwer zu bergenden Strahlenquellen in havarierten Brunnen befaßt und hierzu eine Stellungnahme folgenden Inhalts verabschiedet:

- In Anbetracht des geringen Strahlenrisikos für die Bevölkerung und des hohen Strahlenrisikos für das Bergungspersonal können die schwer zu bergenden Strahlenquellen in den Brunnen verbleiben.
- Das Grundwasser ist in der Umgebung der betreffenden Brunnen im Abstrom in vorgegebenen Zeitabständen zu überwachen.
- Die Brunnen sind vor dem Zugriff Unbefugter zu sichern. □

Radioaktivität in Schutt und Schrott - die Proliferation von Material aus Strahlenquellen

Die Zahl umschlossener Strahlenquellen in Technik und Medizin steigt ständig. Wenn auch die Gesamtaktivität nicht mit den freigesetzten Mengen von Kyschtym oder Tschernobyl vergleichbar ist, sind Therapie-Bestrahlungsquellen und Strahler in Dicken-, Dichte- oder Füllstandsmeßgeräten jedoch weltweit verbreitet. Die Fälle häufen sich, in denen diese Quellen auch in Industrieländern nicht fachgerecht beseitigt werden; die Radioaktivität - überwiegend ^{60}Co und ^{137}Cs , aber auch ^{241}Am und ^{226}Ra - findet sich dann auf Schutthalde oder in Stahlschmelzen wieder. Diese „Altlasten“ der medizinisch-industriellen Nuklidanwendung haben schon mehrfach zu tödlichen Expositionen von Unbeteiligten geführt, zuletzt 1994 im estländischen Tallinn.

Radioaktivität in Metallen

Neue Veröffentlichungen berichten von mindestens 35 weltweit entdeckten Fällen von Kontamination in fertigen Eisen- und Stahlprodukten für die Jahre 1983 bis 1994, mit stark steigender Tendenz. Allein in den USA war in 315 Fällen Radioaktivität bereits im Schrott gefunden worden, bevor er der Schmelze zugefügt wurde. 37% davon waren natürlichen Ursprungs, 26% konnten nicht identifiziert werden [1].

Hauptursächlich für die Kontamination sind „vergessene“ oder gestohlene Strahlenquellen, die unerkannt - oft auf sehr abenteuerlichen Wegen - selbst als wiederzuverarbeitender Schrott in die Schmelze gelangen. Zunehmend kommt auch, vornehmlich aus Ostländern, kontaminiertes oder aktiviertes Material von demontierten kerntechnischen Anlagen als Alteisen zur Wiederverwertung in den Stahlmarkt.

Unerkannte Radioaktivität in Gebrauchs- und Baustählen kann zu erheblichen Strahlenexpositionen führen. Anfang der 90er Jahre erhielten beispielsweise in Taiwan Bewohner von Apartmenthäusern Dosen bis zu 1 Sievert [2]. Im Fall von Ciudad Juarez waren 1983 unter anderem ⁶⁰Co-haltige gußeiserne Möbelteile zunächst aus Mexico in die USA geliefert und nach Entdeckung der Aktivität später wieder zurücktransportiert worden [3].

Aber auch in Nichteisenmetallen ist schon Aktivität gefunden worden. Vor einigen Jahrzehnten haben wieder eingeschmolzene goldgekapselte Brachytherapiequellen in ihrer „Reinkarnation“ als Fingerringe bei der Trägerin Hautkrebs verursacht [4]; selbst 1983 hat man in den USA ²⁴¹Am ungeklärter Herkunft in Schmuckgold entdeckt.

Die Autoren der Publikation [1] schlußfolgern, daß die Bedrohung durch Radioaktivität in Alteisen in der absehbaren Zukunft nicht nur in den USA, sondern weltweit ein Problem bleiben wird, das in Industrie- und Entwicklungsländern gleichermaßen die Aufsichtsbehörden fordert.

Bessere Kontrolle von Verbleib und Beseitigung radioaktiver Quellen

Das Problem des „Verschwindens“ nicht mehr gebrauchter radioaktiver Quellen ist bekannt, aber nicht gelöst. Aufgrund von konkreten Zwischenfällen, von denen Ciudad Juarez 1983 [3], Goiania 1988 [5] und jetzt Tallinn Estland 1994 [6] die schwerwiegendsten, aber bei weitem nicht alle sind, hat die IAEA auf die Gefahr unsachgemäß beseitigter Quellen hingewiesen und den Mitgliedsstaaten Unterstützung bei der Entwicklung und Ausführung von Kontrollprogrammen angeboten [7,8].

Ausbildung und Meßtechnik verstärken

Auf Dauer können die Gefahren, die von herrenlos gewordenen Strahlenquellen direkt oder über den Umweg der Metallschmelze ausgehen, nur durch bessere Ausbildung der Benutzer in Verbund mit einer Stärkung des allgemeinen „Safety-culture“-Bewußtseins wirksam vermindert werden; unvorhersehbare Unfälle sind ebenso wie

kriminelle Handlungen nicht auszuschließen. In jedem Fall sind verstärkte Strahlenmeßprogramme und -einrichtungen bei Deponien, Schrotthändlern und Stahlherstellern ein Mittel, zumindest grobe radioaktive Verunreinigungen rechtzeitig zu erkennen; bekannte Fallbeispiele zeigen, daß die Folgekosten bei einmal kontaminierten Stahlchargen die Kosten für Meßgeräte um Größenordnungen übersteigen. □

Tschernobyl und die Folgen: Eine Altlast ganz besonderer Art

Das Spektrum der veröffentlichten Meinungen über die Folgen von Tschernobyl in der Bevölkerung reicht heute von weit über 100.000 Toten infolge von Strahlenschäden bis zu „keine strahlenbedingten Wirkungen außer der Zunahme von Schilddrüsentumoren bei Kindern“ (siehe dazu auch die Leserbriefe ab Seite 76 in diesem Heft). Aus Anlaß des kommenden 10. Jahrestages sind zahlreiche Konferenzen in Vorbereitung, die in internationaler Zusammenarbeit eine Antwort auf noch offene Fragen suchen. Dennoch liegen heute bereits weit mehr wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse vor, als in der Öffentlichkeit wahrgenommen wird. Der folgende Beitrag gibt im Rahmen des Altlasten-Themas einen gedrängten Überblick über den derzeitigen Stand der Untersuchungen.

Die gesundheitlichen und sozio-ökonomischen Folgen von Tschernobyl

Der fachliche Ansatz der Strahlenbiologie und -medizin geht davon aus, daß aufgrund der recht gut bekannten Expositionslage nur in wenigen kritischen Populationen direkt erfäßbare akute oder statistisch signifikant erhöhte Spätschäden aufgetreten sind beziehungsweise noch auftreten werden. Diese kritischen Gruppen umfassen:

- Einige hundert akut Exponierte des Betriebspersonals, der Feuerwehr und anderer Notfalldienste der er-

sten Stunden und Tage, die direkt im Reaktorgebäude und in der Nähe des offenen Reaktors gearbeitet haben. Geschätzte Ganzkörperdosen bis 10 und mehr Gy und extrem hohe lokale Hautdosen („Beta-Verbrennungen“) durch „heiße Teilchen“.

- Zehntausende hoch mit Radiojod belastete Kinder aus den stark vom Fallout betroffenen Regionen Weißrußlands, der Ukraine und der russischen Föderation, für die entsprechende Schutzmaßnahmen wie die Absetzung stark kontaminierter

Milch und die Schilddrüsenblockade mit stabilem Jod zu spät bzw. nicht durchgeführt wurden. Geschätzte Schilddrüsendosen in Extremfällen bis zu Gy.

- Zehntausende der etwa 800.000 sogenannten Liquidatoren (Aufräumarbeiter), die sowohl lokal als auch großräumig für Dekontaminations- und Aufräumarbeiten wie z.B. das Abholzen der abgestorbenen Waldpartien eingesetzt waren. Obwohl von staatlicher Seite ein Limit für die Gesamtdosis von 250 mSv gesetzt war, scheint vor allem in den ersten Wochen und Monaten die dosimetrische Überwachung ungenügend gewesen zu sein, und damit wurden Überschreitungen einprogrammiert: Geschätzte effektive Dosen bis 500 mSv.
- Etwa 240 000 Bewohner von stark kontaminierten Gebieten ($> 555 \text{ kBq} \cdot \text{m}^2$) und evakuierte Zivilpersonen aus der näheren Umgebung des Unglückreaktors, z.B. aus der Stadt Prypiat: Geschätzte effektive Dosen 50 bis 300 mSv.

Für Dutzende von Millionen in den angrenzenden Oblasten und Republiken sind zwar meßbare Strahlenbelastungen entstanden, die jedoch auch im ersten Jahr nach Tschernobyl im Bereich der natürlichen und zivilisatorischen Expositionen waren und somit auch bei konservativer Betrachtung keine direkten gesundheitlichen Auswirkungen haben können. So ist z.B. die relativ nahe gelegene Millionenstadt Kiew durch glückliche meteorologische Umstände nicht stärker betroffen worden als ihre Partnerstadt München in Süddeutschland, wo es durch Gewitterregen zur nassen Deposition kam.

Obwohl für die angesprochenen Gruppen das wichtigste Risiko, strahleninduzierter Krebs, sich erst auszuwirken beginnt und noch für Jahrzehnte vorhanden sein wird, können 9 Jahre nach dem Unfall erste Befunde bewertet und Abschätzungen für die Zukunft gemacht werden. In der ersten Gruppe

der am Unglücksreaktor Beschäftigten sind nach russischen Angaben vor allem in den ersten Monaten etwa 65 Personen an akuten Strahlenschäden wie Immunschwäche und gastrointestinalem Syndrom gestorben. Andere aus dieser Gruppe sind heute invalide. Ihr Lebenszeit-Krebsrisiko wird sich nach Überlegungen der UNSCEAR von etwa 20% für Unbestrahlte (Nichtraucher) um etwa 6% pro Gy erhöhen (UN93). Das überraschend schnelle Auftreten von Schilddrüsenkarzinomen zuerst bei Kindern Weißrußlands und nun auch in der Ukraine und in der russischen Föderation sollte für den Strahlenschutz insofern eine Lehre sein, als daß aufgrund der sehr guten Datenlage für Langzeitriskiken nach Schilddrüsentherapien mit Radiojod beim erwachsenen Menschen Aussagen über den zeitlichen Verlauf dieses schon früh erkannten Risikos gemacht wurden, die sich im nachhinein als nicht gerechtfertigt erwiesen. Ob hier nur der Altersunterschied oder auch lokale genetische oder ernährungsphysiologische Faktoren wichtige Rollen spielen, bleibt zu diesem Zeitpunkt offen. Aus Weißrußland sind bis Anfang 1995 etwa 330 Fälle Schilddrüsenkarzinome gemeldet worden; in der Ukraine schätzt man die zusätzlichen Fälle in den zwischen 1968 und 1986 Geborenen auf etwa 200. Für zwei Fälle ist ein tödlicher Ausgang der Krankheit bekannt.

Für die stärker belasteten Aufräumarbeiter (Liquidatoren) und Evakuierten der obigen Gruppen 3 und 4 ist auf der Basis des Dosisbereiches von 50 bis 500 mSv als wichtigster potentieller Effekt von einem leicht erhöhten Krebsrisiko auszugehen. Bei einer mittleren Dosis von 200 mSv würde sich wieder nach UNSCEAR das Lebenszeit-Krebsrisiko von etwa 20% für Unbestrahlte (Nichtraucher) um etwa 1 Prozent auf 21 % erhöhen. Bei den soliden Tumoren ist das zusätzliche strahleninduzierte Risiko erst nach mehreren Jahren Latenzzeit zu erwarten und ist nachfolgend über die ganze verbleibende Le-

bensdauer der Betroffenen verteilt. Daraus wird klar, daß diese Risiken relativ klein sind und nur unter günstigen Randbedingungen und erst nach Jahrzehnten durch epidemiologische Studien erfaßbar sind. Eine Ausnahme hätte eventuell die strahlenbedingte Leukämie gebildet, die durch das schnellere Auftreten nach Exposition und die relativ niedrige und konstante Kontrollrate in der unbelasteten Bevölkerung leichter aus den statistischen Schwankungen heraustritt. Die nicht immer vollständigen und qualitativ unbefriedigenden Gesundheitsdaten der betroffenen Republiken, die sich ja alle in einer Phase politischer und ökonomischer Umstellung befinden, zeigen jedoch bis heute keine signifikante Erhöhung der Leukämien.

Obwohl über den Sinn und Unsinn von Projektionen des Tschernobyl-Krebsrisikos auf der Basis von UNSCEAR Risikoeffizienten lange diskutiert werden könnte, sollte der Strahlenschützer vor allem als Korrektiv in der nur zu oft emotionalen öffentlichen Diskussion diese Projektionen kennen. Unter der Annahme, daß unter den insgesamt 800.000 Liquidatoren 100.000 in den hohen Strahlenfeldern der ersten Wochen und Monate mit einer Durchschnittsdosis von 250 mSv (sowjetische Limites für den geplanten Einsatz) belastet wurden, ergeben sich in dieser Gruppe junger Männer eine Kollektivdosis von 25.000 Personen-Sv und bei einem Risikoeffizienten von 0.04/Sv ein rechnerisches Krebstodesfallrisiko von immerhin 1.000 Todesfällen in den nächsten 70 Jahren. Zum Vergleich: Die Zahl der „spontanen“ Krebstoten in einer gleich großen Vergleichspopulation von Nichtrauchern wäre etwa 20.000, bei einer Vergleichspopulation von Rauchern kämen ungefähr 10.000 zusätzliche Lungenkrebstote dazu. Ein anderer sinnvoller, jedoch auch theoretischer Maßstab ist die natürliche und zivilisatorische Belastung, die pro Jahr im Bereich von 3 mSv liegt und über das ganze Leben gerechnet etwa

250 mSv effektive Dosis ausmacht. Konservative Abschätzungen kommen zum Schluß, daß diese Exposition etwa 5 % zum Krebsrisiko der allgemeinen Bevölkerung beiträgt und damit für etwa 1 % der Todesfälle verantwortlich wäre. Eine für den Naturwissenschaftler und Mediziner doch etwas überraschende Entwicklung ist der teilweise Zusammenbruch des sozio-ökonomischen Netzes in Gebieten im Nahfeld des Reaktorunglücks, wobei die gemessene Kontamination anscheinend relativ unwichtig für die vielen Manifestationen von psychischem Streß ist. Die anfängliche Geheimhaltung über die radiologische Lage, die für die Bevölkerung bis 1988 anhielt, aufgebauschte Horrormeldungen lokaler und internationaler Presseerzeugnisse und die vielen teils sinnvollen, teils unsinnigen Verordnungen und Einschränkungen der Behörden haben die Einwohner tief verunsichert. Die Auszahlung einer vor der Inflation recht großzügigen Zusatzrente zur Abdeckung der Mehrkosten infolge des Wegfalls lokaler Frischprodukte kann auch negativ gesehen werden (lokal „Sarggeld“ genannt), und der wahrscheinlich gut gemeinte Vorschlag der Reduktion der Schulstunden in einigen Regionen der Ukraine wurde bereits als Eingeständnis einer allgemeinen strahlenbedingten Schwächung der Hirnleistungen gedeutet. Die Kontaminationen bewirkten auch außerhalb der evakuierten Gebiete extreme Veränderungen in den Lebensbedingungen. Stark beeinflusst wurden z.B. schwach kontaminierte Gebiete, deren Schulen, Einkaufszentren und höhere Verwaltungen in evakuierten Gebieten lagen. Ein schleichender Exodus von Lehrern, Ärzten und generell der jüngeren und aktiveren Bevölkerungsgruppen vermindert ebenfalls die Lebensqualität und die Zukunftsaussichten des Nahfeldes von Tschernobyl. Obwohl der Strahlenschützer sich bei der endgültigen Bewertung solcher Phänomene mangels Sachkenntnis zurückhalten sollte, sind diese indirek-

ten Effekte, die anscheinend auch psychosomatische Erkrankungen in größerer Zahl ausgelöst haben, in einer ganzheitlichen Betrachtung zu berücksichtigen.

Tschernobyl, 10 Jahre danach

Im nächsten Jahr werden die Betroffenen und auch die Welt als Ganzes den zehnten Jahrestag der Reaktorkatastrophe begehen. Obwohl bis heute mit Ausnahme mehrerer hundert früher kindlicher Schilddrüsentumoren wie vorausgesagt keine direkten gesundheitlichen Effekte im zugebenermaßen großen Rauschen der Gesundheitsstatistiken der lokal betroffenen Bevölkerung ersichtlich sind, bleibt auch für den Westen vieles zu tun. Neben der Unterstützung der lokalen Gesundheitsbehörden müssen auch alle möglichen Lehren aus diesem Ereignis gezogen werden. Dies kann nur auf der Basis direkter und langfristiger Kontakte erfolgen. Die Instrumentalisierung von Tschernobyl im Hinblick auf die Zukunft der Kernenergie im Westen durch politische Gruppierungen, die Extremaussagen vieler Spezialisten aus den GUS-Staaten, die einerseits das Auftreten gesundheitlicher Effekte lange verneinten, andererseits heute vermehrt auch in „staatstragenden“ Institutionen vom Motto getragen zu sein scheinen: „Je mehr offene Fragen und Effekte, desto besser für das Überleben meiner Institution in wirtschaftlich schwieriger Zeit“ sowie der oft zu ungestüme und auf kurzfristige Resultate ausgerichtete Forschungsdrang der Wissenschaftler und Strahlenschützer macht eine Aufarbeitung dieser hoffentlich einmaligen Reaktorkatastrophe schwierig. Als wichtigste Lektion für den Westen muß die Wahrscheinlichkeit, daß ein ähnliches Ereignis bei uns vorkommt, praktisch null sein, d.h. es muß gezeigt werden, daß unsere Reaktoren um Größenordnungen sicherer sind, sowohl als Anlage als auch betriebstechnisch und in bezug auf die Ausbildung und Organisation des Personals.

Tschernobyl sollte nicht als Standard für unsere Notfallschutzplanung dienen. Andererseits könnten sich ähnliche Kontaminationen in viel kleineren Gebieten schon mit einem um das zehntausendfache kleineren Quellterm ergeben, falls eine ungünstige Wetterlage mit nasser Deposition vorliegt. Deshalb können über die theoretischen Erkenntnisse hinaus durch die Mithilfe bei der Dekontamination und bei radioökologischen und -biologischen Studien auch für uns wichtige praktische Erfahrungen gesammelt werden. Obwohl seit mehreren Jahren von GUS-Seite eine vorbildliche Offenheit in den fachlichen Arbeiten zur Analyse und Folgenbeseitigung nach Tschernobyl herrscht, wird eine abschließende Würdigung der vielschichtigen Auswirkungen dieser Reaktorkatastrophe erst nach mehreren Jahrzehnten möglich sein. □

DEKONTA

Industriedienste GmbH

Otto-Hahn-Str. 5, 82216 Maisach

Telefon: 0 81 41 - 9 03 34

Telefax: 0 81 41 - 9 03 39

**Kompetent
im Strahlenschutz
seit 13 Jahren**

Abfallbehandlung

Arbeitssicherheit

Dekontamination

Demontage

Leuchtstofflampenrecycling

Strahlenschutz-Service

Strahlenschutz-Logistik
und Konzeption

Technische Dienste

Altlasten aus der sowjetischen Produktion von Bomben-Plutonium: Majak und die Kyshtym-Unfälle

Im Jahre 1948 ging in der Nähe der Kleinstadt Kyshtym, die zwischen den Millionenstädten Jekaterinenburg (das sowjetische Swerdlowsk) und Tscheliabinsk im Südurall liegt, die erste sowjetische Nuklearanlage zur Produktion und Extraktion von Bombenplutonium in Betrieb.

Igor Kurtschatov selbst, der Vater des sowjetischen Atom- und Wasserstoffbombenprogramms, soll ihr in euphorischer Aufbruchstimmung den Namen Majak (Leuchtturm) gegeben haben.

Zur Zeit besteht das radioaktive Inventar der „Produktionsgesellschaft“ Majak aus etwa $3,7 \cdot 10^{19}$ Bq (1 Milliarde Ci) Spalt- und Aktivierungsprodukte. Obwohl die Verglasung von radioaktiven Abfällen im industriellen Maßstab betrieben wird, liegt der Großteil der Aktivität weiterhin in löslicher Form vor. Ein beachtlicher Teil ist bereits an die Umwelt abgegeben worden.

Die militärische Plutoniumproduktion ist eingestellt, nicht jedoch die militärische (U-Boote) und zivile Aufarbeitung, letztere auch für mitteleuropäische Staaten mit aus der ehemaligen Sowjetunion bezogenen Reaktoren. Eine vollständige Beurteilung jetziger und potentieller zukünftiger Belastungen der Umwelt sowie die Planung von Dekontaminations- und Sicherungsaktivitäten wurde mit der Hilfe von internationalen Stellen aufgenommen (EU, IIASA).

Politischer Druck läßt keinen Raum für Strahlenschutz in Majak

Kurz nach Inbetriebnahme des ersten Uran-Graphit-Reaktors (22. Juni 1948) begann ab Dezember des gleichen Jahres eine erste chemische Anlage zur Extraktion von Plutonium zu arbeiten. Sowohl Erbrütung als auch Aufbereitung erfolgte in diesem hochgeheimen Komplex östlich der Kleinstadt Kyshtym.

Die Aktivitäten entwickelten sich später in einem riesigen Industriekomplex für die Erbrütung und Behandlung militärischer und ziviler Nuklearmaterialien. Das Personal und ihre Familien wurden in einer neu gebauten, geheimen Stadt von immerhin mehr als 50.000 Einwohnern mit der Postfachnummer Tscheliabinsk-65 untergebracht.

Unter dem Eindruck der Bombenabwürfe in Hiroshima/Nagasaki verstärkte Stalin in den ersten Jahren des kalten Krieges die hektischen Atomrüstungsanstrengungen, und es kam zu außergewöhnlich hohen durchschnittlichen externen Berufsdosen von

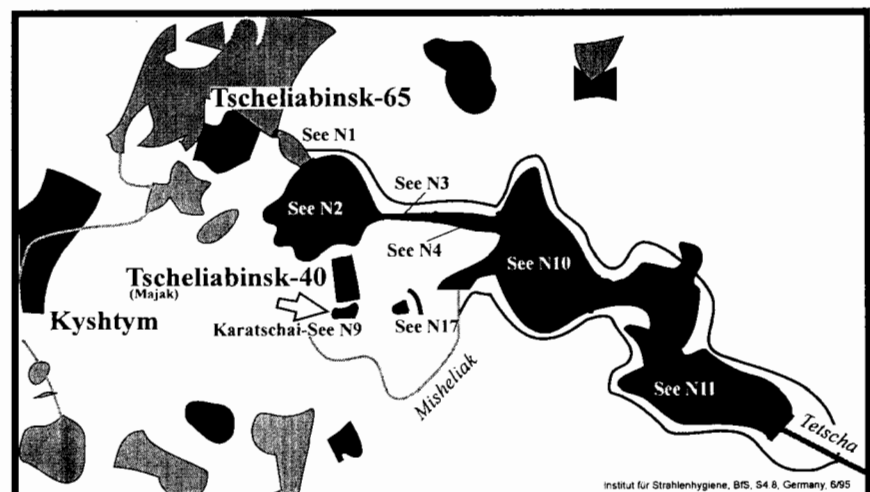
940 mSv im ersten Jahr des Reaktorbetriebes und von 1.130 mSv in 1951 in der Aufbereitungsanlage. Im Bereich der chemischen Aufarbeitung kam es auch zu beachtlichen Plutonium-Inkorporationen [AK94].

Gleichzeitig führten die Abgaben von kurz- und langlebigen Spaltprodukten in das kleine Flößchen Tetscha flußabwärts zu großräumigen Kontaminationen.

Tetscha-Fluß, Südurall

Aufgrund des Mangels an angemessenen Technologien für die Behandlung und Aufbewahrung von radioaktiven Abfällen erstreckten sich die Auswirkungen der erzeugten Spaltprodukte über weite Gebiete. Als Folge des „Normalbetriebs“ wurden zwischen 1949 und 1956 hoch radioaktive, flüssige Abfälle in das Flußsystem Tetscha-Isset-Tobol eingeleitet. Die Seen und Flußufer stromabwärts wurden vor allem mit großen Mengen von Spaltprodukten kontaminiert. Die vorwiegend in den Jahren 1950 und 1951 anfallenden Einleitungen betrug etwa $8 \cdot 10^7$ m³ mit einer Spaltproduktaktivität von etwa 10^{17} Bq (2,75 MCi), hauptsächlich ⁸⁹Sr/⁹⁰Sr (20,4 %), ¹³⁷Cs (12,2 %), ⁹⁵Zr/⁹⁵Nb (13,6 %), ¹⁰³Ru/¹⁰⁶Ru (25,9 %) und seltene Erden (26,9 %) [BU94]. Große Anteile der Aktivität ver-

Abb. 1: Tscheliabinsk 40/65 und die Kaskade kontaminierter Stauseen entlang des Flusses Tetscha. Schwarz: Ortschaften, Betriebe; hell schraffiert: Gewässer oberhalb der Einleitungen; dunkel schraffiert: kontaminierte Gewässer.



Institut für Strahlenhygiene, BfS, S4 8, Germany, 6/95

banden sich mit den Sedimenten der Flußbetten. Die Frühjahrsfluten der Tetscha führten zu einer erheblichen Kontamination jährlich überfluteter Flußebenen. Als erste Schutzmaßnahmen wurden einige Dörfer am oberen Lauf der Tetscha evakuiert und die radioaktiv kontaminierten Wasserkörper isoliert. Um die weitere Ausbreitung der Kontamination über große Entfernungen zu verringern, wurde stromabwärts der Einleitungen durch mehrere Dämme entlang der Tetscha eine Kaskade von Seen gebildet, deren größter eine Oberfläche von immerhin mehr als 40 km² besitzt. Die Tetscha und andere Nebenflüsse wurden in einer Ringleitung um die Seen-Kaskade herum geleitet. Danach entwickelte sich der Wasserstand in den Seen durch Regenfall und Verdunstung, begünstigt durch die Abwärme des Brutreaktors, derart, daß die Einleitung von zusätzlichem flüssigen Abfall in die isolierten Gewässer vorgenommen werden konnte. Abbildung 1 gibt eine Übersicht über die betroffenen Gebiete. Über die Abgabe von Edelgasen und kurzlebigen Jodisotopen während der akuten Kontaminationsphase ist nur wenig bekannt. Eine Abschätzung beziffert die kumulativen effektiven Dosen durch Luftemissionen (vorwiegend ¹³¹I) in Tscheliabinsk-70 bis zu 170 mSv. Später wurde mittelaktiver flüssiger Abfall vor allem in den kleinen künstlich angelegten Karatschai-See eingeleitet. Hochradioaktiver Abfall wurde in großen wassergekühlten Tanks gelagert (UN93). Nach 1952 wurde durch die Konstruktion einer Reihe von Dämmen eine Kaskade von Seen angelegt, die ab diesem Zeitpunkt die niedrigaktiven flüssigen Abfälle aufnahmen. Mittelaktiver Abfall mit einer Gesamtaktivität von etwa $4,5 \cdot 10^{18}$ Bq wurde in einer kleinen Vertiefung von 0,5 km² (Karatschai-See) gelagert. Hochradioaktiver Abfall wurde wie in den USA in großen wassergekühlten Tanks mit Betonabschirmung gelagert. Am 29.

September 1957 kam es zu einer großräumigen Kontamination, als einer dieser Tanks explodierte und große Mengen Spaltprodukte in nord-östliche Richtung freisetzte (siehe Kyshtym-Unfall). Ein weiteres, jedoch im Vergleich zu den anderen Umweltzerstörungen relativ kleines Problem ergab sich in 1967, als nach einer längeren Trockenperiode, die die kontaminierten Uferpartien des Karatschai-Sees freisetzte, sehr starke Winde $2,2 \cdot 10^{13}$ Bq Spaltprodukte resuspendierten und über Dutzende von Kilometern auf bereits vorgängig in 1957 kontaminiertes Gebiet verteilten.

Strahlenexposition der Bevölkerung

Die entlang der Tetscha lebende Bevölkerung wurde sowohl extern als auch intern bestrahlt. Die Bestrahlung von außen erfolgte durch ¹³⁷Cs-, ⁹⁵Zr- und ¹⁰⁶Ru-Gammastrahlung in Flußniederungen und Gemüseärten. Die interne Bestrahlung durch ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs sowie einige weitere Nuklide war eine Folge des als Trinkwasserquelle verwendeten kontaminierten Flußwassers und des Verzehrs lokaler Lebensmittel. Strahlenfelder betragen in der Anfangsphase bis $1,8 \text{ Sv h}^{-1}$ am Freisetzungsort und 360 mSv h^{-1} am Ufer des Metlinski-Teichs in dem später evakuierten Dorf Metlino, der ersten Siedlung ungefähr 7 km stromabwärts von Majak. Die höchsten Dosen in den Straßen oder den mit Flußwasser bewässerten Gärten betragen jedoch immer bis zu 0,1 und 35 mSv h^{-1} . Nahezu 125.000 Bewohner entlang der Flüsse Tetscha, Iset und Tobol waren betroffen. Die interne Exposition erreichte in den Siedlungen an der Tetscha, für die der Fluß als hauptsächliche Trinkwasserquelle diente, kritische Werte. Etwa 28.000 Bewohner waren betroffen. Die kumulierten effektiven Dosen, vornehmlich durch die knochensuchenden Spaltprodukte ⁸⁹Sr/⁹⁰Sr, liegen im Bereich zwischen 35 und 1.700 mSv

und mehr bei den 7.500 Personen, die später evakuiert wurden. Der obere Wert ist der mittlere Wert für Metlino und entspricht einer Knochenmarkdosis von etwa 3 - 4 Sv. Die kollektive Dosis für die örtliche Bevölkerung liegt im Bereich von 15'000 Personen-Sv. Dieser Wert beinhaltet jedoch nicht die Beiträge durch die atmosphärischen Freisetzungen, über die keine Angaben vorliegen. Die hohen Expositionen bewirkten schwere gesundheitliche Schäden. Während der ersten Jahre waren die Dosisraten sowohl für beruflich exponierte Personen als auch für die Bewohner der Dörfer an der Tetscha zum Teil so, daß akute Strahlenwirkungen zu erkennen waren. Die frühen pathologischen Veränderungen bezeichneten die sowjetischen Ärzte als chronische Strahlenerkrankung (CRS: chronic radiation sickness). CRS zeichnet sich durch charakteristische Veränderungen des hämopoeti-

SCINTO

Radioaktivität hochempfindlich und sicher messen!

S · E · A · G mbH
 Strahlenschutz- Entwicklungs- und Ausrüstungs-Gesellschaft
 Ostdamm 139 · 48249 Dülmen
 Tel. 0 25 94 / 94 24 - 0 · Fax 0 25 94 / 94 24 14

schen Systems, des Nerven- und Immunsystems sowie anderer Systeme aus, wobei die präzise Definition des Krankheitsbildes im Westen umstritten ist. Laut russischer Quellen [AK94] wurde sie bei etwa 1.500 Beschäftigten und bei 935 der am Fluß Tetscha lebenden Personen festgestellt. Der derzeitige Wissensstand über die karzinogene Wirkung ionisierender Strahlen beim Menschen läßt eine erhebliche Erhöhung der Tumorfrequenz bei der betroffenen Bevölkerung erwarten. Die medizinischen Institutionen, die mit der gesundheitlichen Betreuung der betroffenen Gruppen befaßt sind, berichten über einen Anstieg der Lungenkreishäufigkeit bei den stark exponierten Beschäftigten und über ein zusätzliches Leukämierisiko in den Gebieten entlang der Tetscha. Zur Zeit sind in der „Filiale 1“ des biophysikali-

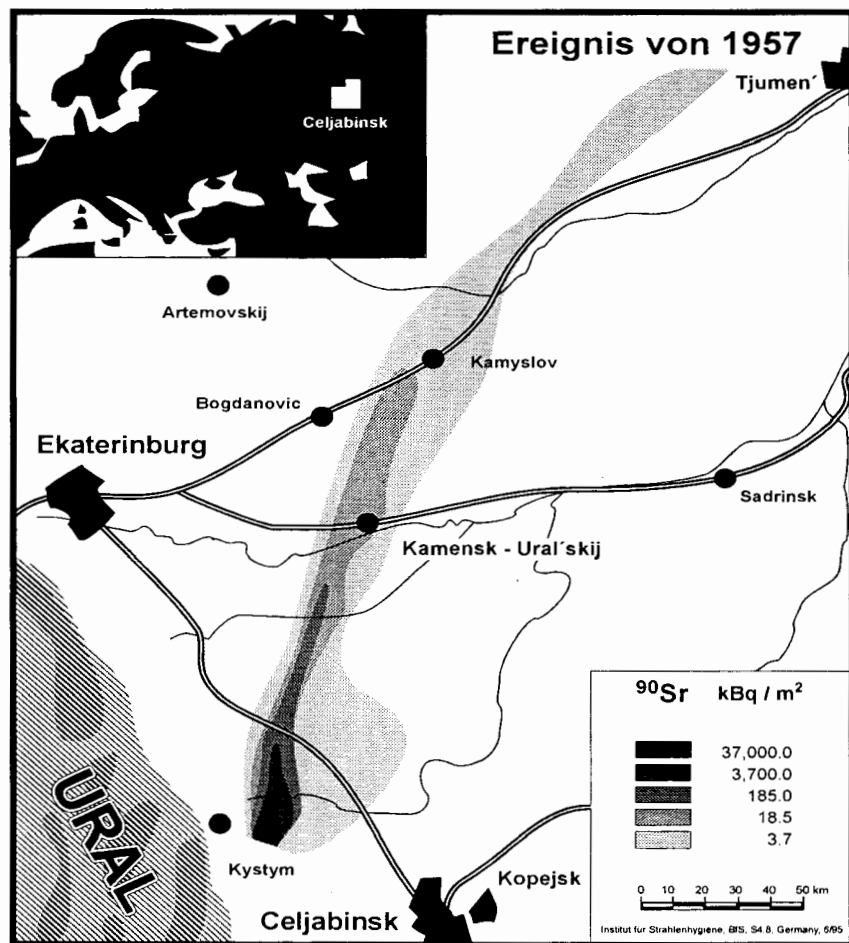
schen Instituts in Majak und im „Ural-Forschungszentrum für Strahlenmedizin“ große Bemühungen im Gange, die Dosen zu rekonstruieren und die gesundheitlichen Auswirkungen zu analysieren und zu mildern [BU94]. Auch deutsche Institutionen (Institut für Strahlenhygiene des BfS und Institut für Strahlenbiologie der GSF) sind neben Japan und USA unterstützend tätig. Durch die schrecklichen radiologischen Erfahrungen im Südrural ist es potentiell möglich, direkte Einblicke in die gesundheitlichen Auswirkungen hoher chronischer Bestrahlung auf die menschliche Bevölkerung zu gewinnen. Dadurch sind die jetzt anlaufenden Studien von ähnlich herausragender Bedeutung für den Strahlenschutz wie die Epidemiologie der Überlebenden von Hiroshima/Nagasaki, deren Aussagekraft trotz der relativ guten

Dosimetrie darunter leidet, daß es sich um einen extrem kurzzeitigen Strahlenblitz gehandelt hat (kein lokaler Fallout). Es ist mir an dieser Stelle ein Anliegen darauf hinzuweisen, daß unsere Pflicht, aus den begangenen Fehlern möglichst viel zu lernen, auch die zusätzliche Verantwortung umfaßt, gleichzeitig das Los der exponierten Bevölkerungen nachhaltig zu verbessern.

Kyshtym, Karatschai-See

Hochgradig radioaktiver Abfall aus der Plutoniumerzeugung in Majak wurde in großen wassergekühlten Betonbehältern gelagert (siehe Majak). Im September 1957 führte die Korrosion eines dieser Behälter von 300 m³ und das Versagen der Überwachungsgeräte zur unbemerkten Verdampfung des Wassers und der Lösungsmittel und zum Ausfall von Sedimenten, die eine Mischung von radioaktiven Nitrat- und Acetatsalzen enthielten. Die Aufwärmung des Inhalts durch die Energie der radioaktiven Zerfälle auf etwa 350°C führte zur Explosion des Betonbehälters, der Spaltprodukte von etwa 1 EBq enthielt. Die Kraft der Explosion wird auf mehrere Tonnen TNT geschätzt [UN93]. Ungefähr 90% der im Behälter befindlichen radioaktiven Stoffe wurden lokal abgelagert, während der Rest (etwa 100 PBq) in nordöstlicher Richtung verbreitet wurde (Abb. 2). Aufgrund stabiler Windverhältnisse, der ebenen Bodenoberfläche und des Ausbleibens von Regenfällen wurde das bis zu 1 km hoch ausgestoßene Material in nordöstlicher Richtung über ein Gebiet abgelagert, das weitgehend der klassischen zigarrenähnlichen Form entspricht, die den theoretischen Fallout-Berechnungen zufolge von einer kurzzeitigen punktförmigen Emissionsquelle zu erwarten ist. Im wesentlichen fand die gesamte Ablagerung innerhalb von 11 Stunden statt. Die durch den „Kyshtym-Unfall“ deponierte Spaltprodukt-Aktivität betrug $7 \cdot 10^{17}$ Bq, vorwiegend ¹⁴⁴Ce

Abb. 2: Bodenkontamination mit ⁹⁰Sr aus dem Kyshtym-Unfall 1957 [AK94].



(66 %) und $^{95}\text{Zr}/^{95}\text{Nb}$ (24,9 %) sowie ^{106}Ru (3,7 %) und ^{90}Sr (5,4 %). Über eine Strecke von 300 km wurde ein Gebiet von etwa 20.000 km² mit mehr als 4 kBq m⁻² ^{90}Sr kontaminiert. Die Gegenmaßnahmen der Behörden erfolgten diesmal viel schneller, so daß hohe Strahlendosen durch frühe Evakuierung und Gegenmaßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich weitgehend vermieden wurden. Ein weiteres Ereignis trat im Jahre 1967 ein, als nach einer längeren Trockenperiode Ufersedimente des Karatschai-Sees, der ein gewaltiges Inventar von etwa $9 \cdot 10^{18}$ Bq Spaltprodukte enthält, durch starke Winde resuspendiert wurden. Etwa 20 TBq von ^{90}Sr und ^{137}Cs wurde über Entfernungen von bis zu 75 km verfrachtet (Abb. 3). Die im Gegensatz zu den früheren Vorfällen doch geringe Radioaktivitätsmenge sowie die Tatsache, daß hauptsächlich Gegenden betroffen waren, die bereits 1957 kontaminiert und verlassen wurden, führten zu geringen zusätzlichen Dosen. Das Ereignis ist jedoch von grundlegender Bedeutung für die Validierung radioökologischer Transportmodelle. Der Kyshtym-Unfall betraf etwa 270.000 Personen in 217 Siedlungen (^{90}Sr Ablagerung von anfänglich mehr als 3.700 Bq m⁻²). Mehr als 10.000 Personen wurden evakuiert. Die kumulierten Individualdosen waren deutlich niedriger als diejenigen entlang des Flusses Tetscha, was auf schnellere Gegenmaßnahmen durch besser trainierte Strahlenschützer zurückzuführen ist. Die kollektive effektive Dosis für die evakuierte Bevölkerung betrug etwa 1.300 Mann Sv und bis zu 4.500 Mann Sv für die Bevölkerung, die in der sogenannten Ostural-Radioaktivitätsspur verblieben ist [UN93, KO94]. Um die Dosen für die Bevölkerung nach dem Unfall im Jahre 1957 zu reduzieren, wurde ein komplexes System von Schutzmaßnahmen in Gang gesetzt. Neben der Evakuierung und der planmäßigen Umsied-

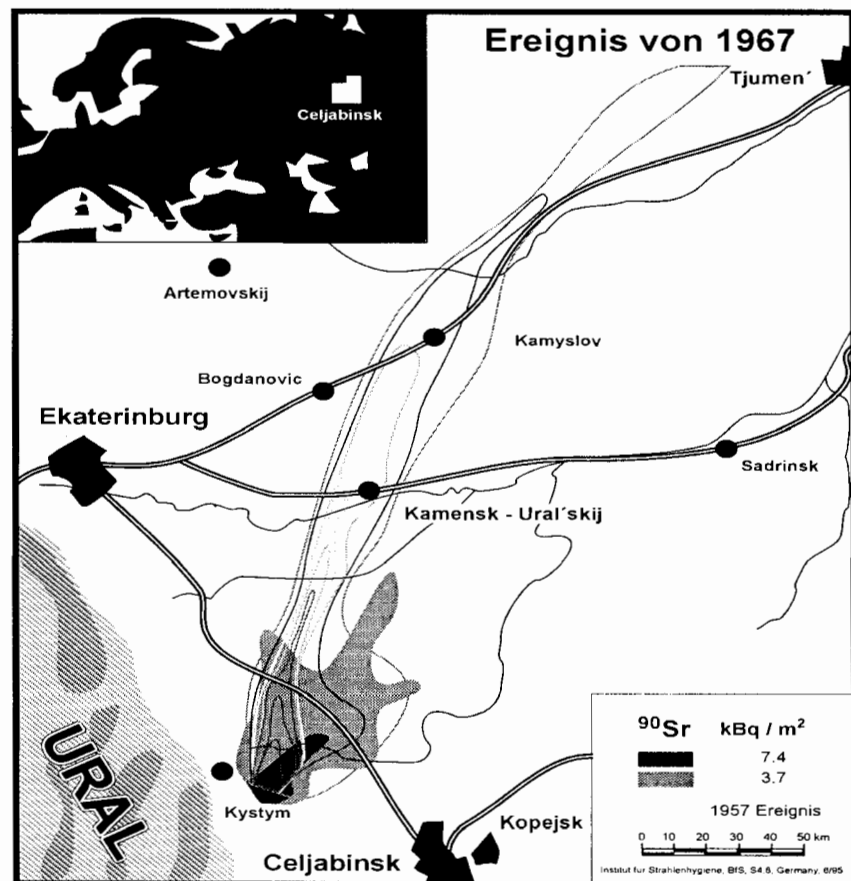


Abb. 3: Bodenkontamination mit ^{90}Sr aus dem Resuspensions-Ereignis 1967.

lung der Bevölkerung wurden erhebliche Mengen an Nahrungsmitteln und Futtermitteln vernichtet, eine Überwachungszone mit Einschränkungen für landwirtschaftliche und Freizeit-Aktivitäten eingerichtet und die Nutzung der betroffenen Seen als Trinkwasserquelle und zum Fischfang untersagt. Das Erzeugungsprofil der Sowchosen (Staatsfarmen) wurde verändert, um die Dosen aus ihren landwirtschaftlichen Erzeugnissen zu minimieren (Pelztierzucht usw.). Das Tiefpflügen und andere aus westlicher Sicht nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl erstaunlich schnell großtechnisch angewandte Gegenmaßnahmen wurden im Südural im Gefolge des Kyshtym-Unfalls entwickelt. Die durch den Unfall verursachten kumulierten Individualdosen betragen für einzelne bis zu 1.500 mSv und im Mittel nahezu 500 mSv für die 1.500 Bewohner der am stärksten betroffe-

nen Siedlungen. Fälle von „chronischer Strahlenkrankheit“ (siehe Fluß Tetscha) wurden nicht registriert, wohl aber in Einzelfällen akute Strahleneffekte (Haar, Haut) registriert. Die kumulativen Dosen für die etwa 6.300 Bewohner angrenzender, schwächer betroffener Siedlungen innerhalb der Radioaktivitätsspur waren deutlich niedriger. Sie betragen im Mittel etwa 50 mSv und maximal 120 mSv. Erste epidemiologische Studien zeigten keine erkennbaren Auswirkungen der Strahlung auf die Sterblichkeitsrate und Todesursachen. Die durch Tumorerkrankungen bedingte Sterblichkeitsraten sind offenbar sogar niedriger als die durchschnittlichen sowjetischen Werte. Die ethnischen Unterschiede (die Bewohner der am stärksten betroffenen Siedlungen waren Baschkiren) und Stadt/Land-Gradienten verhindern zu diesem Zeitpunkt jede Art von Schlußfol-

gerung [KO94]. Die Zusatzbelastungen durch das Resuspendierungseignis im Jahre 1967 betrafen hauptsächlich Gegenden, die bereits infolge früherer Kontaminationen evakuiert worden waren. Sie führten daher in bevölkerten Regionen zu nur geringfügigen zusätzlichen Expositionen, die im Bereich der natürlicher Werte liegen.

Die Meßkampagnen des Bundesamts für Strahlenschutz

In den Jahren 1992 und 1993 wurden vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) zusammen mit russischen Wissenschaftlern im Gebiet um den Komplex Majak und an der Tetscha Umweltradioaktivitätsmessungen durchgeführt. Jede Meßkampagne dauerte sechs Wochen. Zwei russische Institute, die Experimentelle Forschungsstation der Produktionsvereinigung Majak (ONIS) und das Ural-Forschungszentrum für Strahlenmedizin (URCRM) - die frühere Filiale 4 des Instituts für Biophysik in Moskau - beteiligten sich an diesen Vergleichsmessungen. Der Schwerpunkt lag dabei neben der Messung von ^{137}Cs bei der Aktivitätsbestimmung von ^{90}Sr und von Plutoniumisotopen in verschiedenen Umweltmedien. Zum Vergleich der angewandten Verfahren und eingesetzten Meßinstrumente wurde neben der Messung von Umweltproben zusätzlich vom BfS hergestellte Standardproben mit unterschiedlichen Aktivitäten an ^{137}Cs , ^{90}Sr und Plutoniumisotopen gemessen. Ziel dieser Vergleichsmessungen von radioaktiven Standardproben und von radiologisch relevanten Radionukliden in Umweltproben war, durch die unabhängigen Messungen der drei beteiligten Institutionen die Qualität und Belastbarkeit der sehr umfangreichen russischen Umweltmeßdaten für weitere Untersuchungen und Studien aufzuzeigen.

Zur radiochemischen Analyse und zur Aktivitätsmessung der einzelnen Proben wurde vom BfS ein Labor im ONIS-Institut eingerichtet. Für die Umweltmessungen wurden die Ortschaften Kyshtym, Kaslio, Krazny-Partizan und Musljumovo, die am Rande des durch den Unfall im Jahre 1957 - Explosion eines Spaltprodukt tanks - hauptsächlich durch ^{90}Sr kontaminierten Gebietes liegen, ausgewählt. In jeder Ortschaft wurden an fünf Stellen Bodenproben bis zu einer Tiefe von 10 cm entnommen (jeweils fünf Einzelproben, aus denen eine Mischprobe gebildet wurde). An diesen Stellen wurden auch die Bodenkontamination mit einem In-situ-Spektrometer und die Dosisleistung gemessen. Zusätzlich wurden Proben von Wasser, Sediment und Lebensmitteln (Kartoffeln, Milch, Fisch, Trinkwasser) analysiert. Die Proben wurden gemeinsam mit den beteiligten russischen Institutionen genommen. Ferner wurden Bodenproben aus dem Überschwemmungsgebiet der Tetscha in Musljumovo bis zu einer Tiefe von 50 cm in Schichten zu je 5 cm sowie Sedimentproben aus der Tetscha und dem See Irtyasch entnommen und auf ihren Gehalt an ^{90}Sr , ^{137}Cs und Plutonium untersucht.

Zur radiochemischen Abtrennung von Strontium und Plutonium aus den Proben wurden von den beteiligten Institutionen unterschiedliche Verfahren angewandt. Die so gewonnenen Meßproben wurden in Proportionalzählern bzw. alphaspektrometrisch gemessen. Insgesamt wurden etwa 70 Umweltproben auf ihren Gehalt an Strontium untersucht. Wegen der im Vergleich zur Strontium-Analyse wesentlich aufwendigeren Verfahren zur Plutonium-Abtrennung konnte in nur 20 Proben der Plutoniumgehalt bestimmt werden. In sämtlichen Proben wurde die Aktivität von ^{137}Cs gamma-spektrometrisch gemessen.

Wertung

In Bodenproben wurden spezifische Aktivitäten von ^{90}Sr im Bereich von 10 Bq/kg in Kyshtym und bis zu 6000 Bq/kg im Überschwemmungsgebiet der Tetscha in der Nähe von Musljumovo gemessen. Entsprechende Werte von ^{137}Cs und Plutonium liegen im Bereich von 40 Bq/kg bis 37.000 Bq/kg bzw. von 1,1 Bq/kg bis 40 Bq/kg. Im Sediment der Tetscha in der Nähe von Musljumovo wurden 51 Bq/kg an Plutonium, etwa 1.500 Bq/kg ^{90}Sr und 45.000 Bq/kg ^{137}Cs gemessen.

In der überwiegenden Zahl der Lebensmittelproben konnte keine ^{90}Sr -Aktivität über der bei diesen Messungen erreichten Nachweisgrenze von 0,5 Bq/Meßprobe gemessen werden. Hauptsächlich in Milchproben aus Musljumovo - durch diesen Ort fließt die Tetscha - wurden höhere ^{90}Sr -Aktivitätskonzentrationen von einigen Bq/l mit einem Maximalwert von 25 Bq/l gemessen. In den Milchproben aus den Orten Kasli, Krazny-Partizan und Kyshtym lag die ^{90}Sr -Aktivitätskonzentration in Milch im allgemeinen unter 2,5 Bq/l. Plutonium konnte in keiner der Milchproben nachgewiesen werden (Nachweisgrenze 0,01 Bq/Meßprobe).

Die Ergebnisse der beteiligten Institutionen zeigten im allgemeinen gute Übereinstimmung. Die Zielstellung der Meßkampagne wurde erreicht: Durch Vergleich mit den von den russischen Kollegen angewandten Meßmethoden und eine ausreichende Zahl von parallelen Probenmessungen konnte innerhalb akzeptabler Fehlergrenzen die Richtigkeit der russischen Messungen der Umgebungsradiaktivität bestätigt werden. Ein eigenes deutsches Meßprogramm zur Erfassung der radiologischen Situation im gesamten kontaminierten Gebiet wie in Tschernobyl würde einen nicht zu rechtfertigenden Aufwand bedeuten. □

Altlasten aus den sowjetischen Kernwaffentests: Das Polygon von Semipalatinsk

Auf dem etwa 19.000 km² großen sowjetischen Versuchsgelände Polygon im Nordwesten der Stadt Semipalatinsk in Kasachstan wurden von 1949 bis 1989 alle frühen atmosphärischen und später die unterirdischen Kernwaffenversuche durchgeführt. Nur einige wenige der oberirdischen Detonationen führten zu einem für die Bevölkerung bedeutsamen lokalen Fallout. Insbesondere der erste Versuch im Jahre 1949 verursachte eine schmale, aber extrem hohe Kontamination bis in die Altai-Region der russischen Föderation. Zur Zeit sind stark erhöhte Strahlenfelder auf das eigentliche Polygon beschränkt. Aus deutscher Sicht bedeutsam ist die Tatsache, daß größere Gruppen von deutschstämmigen Russen während des Zweiten Weltkriegs von Stalin in später von den Tests betroffene Gebiete deportiert wurden.

Freisetzungen in die Umgebung

Atmosphärische Atombombenversuche fanden zwischen 1949 und 1962 statt. Von insgesamt 118 Versuchen wurden etwa 30 nahe oder an der Bodenoberfläche durchgeführt und verursachten Fallout vor Ort. Die Abbildung gibt eine erste Übersicht über die weiten Gebiete außerhalb des Polygons mit erheblicher kumulativer externer Exposition durch Bodenkontaminationen. Die Karte beruht auf Informationen aus Institutionen in Semipalatinsk, Moskau und dem Umweltministerium von Kasachstan. Eine unabhängige Validierung ist jedoch noch nicht erfolgt. Fünf der Versuche waren nicht erfolgreich und führten zu örtlicher Verbreitung von ²³⁹Plutoniumpartikeln, da nur die chemischen Zünder explodierten. Nach dem Verbot von atmosphärischen Versuchen sind bis 1989 rund 348 unterirdische Versuche durchgeführt worden (ST94). Obwohl es bei einigen Explosionen zum Austritt von Edelgasen und anderen Spaltprodukten kam, waren die akuten radiologischen Auswir-

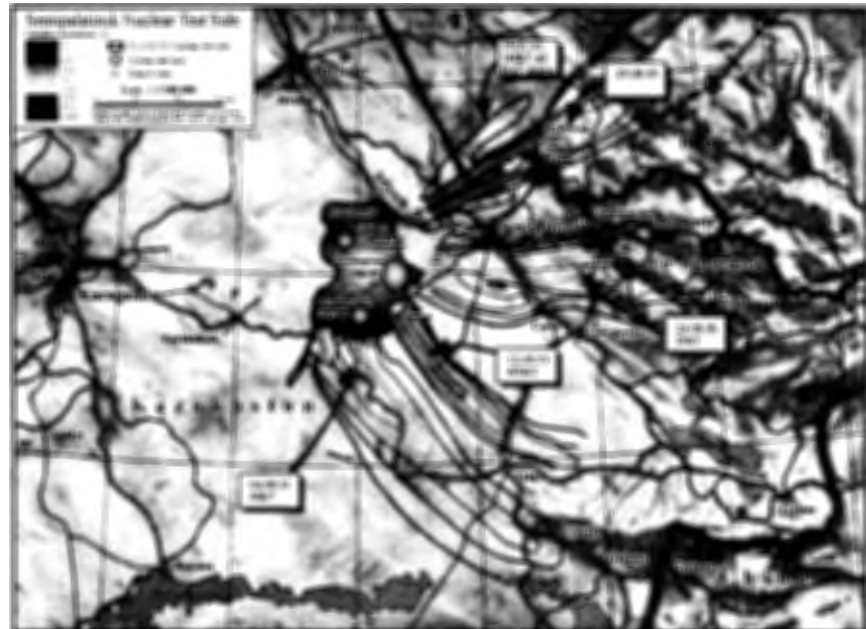
kungen relativ gering. Aufgrund der Geheimhaltung, die mit dem Nuklearprogramm während der Zeit des kalten Krieges verbunden war, wurden die Bevölkerung und die örtlichen Behörden über die Tests nicht infor-

miert. Jedwede staatliche Messungen oder Abschätzungen von Kontaminationen, Expositionen und möglichen Wirkungen auf die Gesundheit blieben geheim.

Expositionen

Auf der Grundlage von noch heute meßbaren Fallout-Mustern für langlebige Spaltprodukte und Aktiniden, von TLD-Dosimetrie an Ziegeln und moderner biologischer und biophysikalischer Methoden (FISH-Zytogenetik und Zahneinmal-ESR) ist eine retrospektive Dosisabschätzung für externe und eventuell auch interne Expositionen der Bevölkerung, die während der Versuche in der betroffenen Gegend lebte, theoretisch machbar. Die potentiell sehr bedeutenden Beiträge durch die Inhalation und Ingestion von Nukliden kritischer Spaltprodukte, wie beispielsweise ⁹⁰Strontium und ¹³¹Jod, sind lediglich durch die Rekonstruktion von wichtigen Nahrungsketten und Lebensgewohnheiten zu klären. Im ungünstigsten Fall könnte in Gruppen von Steppen-Nomaden ihre große Abhängigkeit von frischer

Provisorische Darstellung der kumulierten externen Dosen aus den stark kontaminierenden atmosphärischen Tests in Polygon (basierend auf Unterlagen aus Ministerien Kasachstans und russischer Spezialisten). Die Boxen geben Datum und Sprengkraft in kt TNT.



Milch und Milchprodukten zu kritischen Dosen bei Kleinkindern geführt haben, die z.B. für die Schilddrüse den Bereich von Dutzenden von Sv durch ^{131}I erreicht haben könnten. Ob ^{90}Sr für die Knochenmarkdosis im Vergleich zu den externen Beiträgen wichtig war, ist zur Zeit noch offen. Akute Dosen durch Plutoniumaktinide (selbst bei einem erfolgreichen Atombombenversuch wird nur ein kleiner Teil des spaltbaren Materials auch wirklich gespalten; der größte Anteil von ^{239}Pu wird atomisiert und lagert sich später teilweise an Aerosolpartikel an, die den örtlichen Fallout verursachen) und durch ^{241}Am werden als niedrig erachtet. Aufgrund ihrer Langlebigkeit stellen diese Radionuklide jedoch noch immer eine potentielle Gefahr im Nahbereich dar, insbesondere für ein arides Ökosystem wie das Polygon mit erhöhter Resuspension bei trockenem, unbewachsenem Grund. Grobe Abschätzungen, die sich nur auf die in der Abbildung auf Seite 19 gegebenen kumulierten externen Dosen stützen, lassen vermuten, daß bis etwa zehntausend Einwohner von Dörfern in der Nähe des Polygons Gesamtdosen bis zu 2 Sv erhielten. Einige Gruppen von lokalen Wissenschaftlern setzen die Anzahl der schwer betroffenen Einwohner viel höher an, d.h. im Bereich einiger hunderttausend Personen. Eine konkrete Basis für solche Angaben wird jedoch nicht präsentiert. Obgleich Daten über Strahlungsfelder und Kontaminationen seit dem Beginn der Versuche gesammelt wurden, ist deren Vollständigkeit sowie die Verfügbarkeit der Datensätze für Validierungen und Vergleichsmessungen ungewiß. Ungeachtet der verbleibenden großen Umweltprobleme ist es wichtig festzustellen, daß durch das Vorherrschen kurzlebiger Spaltprodukte bei Atombombendetonationen die Expositionen vorwiegend während der ersten Tage bis Monate nach dem Fallout stattfanden und daher vorwiegend histori-

scher Art sind. Die heutigen Dosisraten außerhalb des Polygons sind auch ohne Schutzvorkehrungen vernachlässigbar. Örtliche kritische Kontaminationen verbleiben im Polygon in der Umgebung von Kraterseen, die durch Boden- und unterirdische Detonationen in geringer Tiefe geformt wurden, und direkt an den ehemaligen Explosionsorten („ground zero“). In diesen Bereichen ist eine Nutzungsbegrenzung beispielsweise durch Abzäunung auf lange Zeit sicherzustellen. Auch verbleibt zu klären, ob ähnlich dem Nevada-Testgelände die Verbreitung von Radioaktivität aus Untergrundtests über Grundwasserströme (z.B. ^3H) eine potentielle Gefahr für Mensch und Landwirtschaft bedeutet.

Wirkungen auf die Gesundheit

Viele Informationen, die notwendig sind, um historische, heutige und potentielle zukünftige Gesundheitsschäden infolge der atmosphärischen Bombenversuche abschätzen zu können, sind entweder nicht vorhanden oder den örtlichen Gesundheitsinstitutionen nicht zugänglich. Die Analysen können auf indirekten Methoden beruhen, wie beispielsweise theoretische Überlegungen basierend auf Dosisberechnungen und Risikokoeffizienten für wichtige Gesundheitsschäden wie Krebs und teratogene und genetische Wirkungen. Eine derartige Bewertung müßte auf den verfügbaren Expositionsdaten und einer retrospektiven Dosisrekonstruktion aufgebaut sein, die sich auf eine Vielfalt von bruchstückhaften Informationen abstützen hat. Sinnvolle Ansätze sind:

- Messungen noch vorhandener langlebiger Fallout-Radionuklide und deren Kurz- und Langzeitverhalten in den lokalen Nahrungsketten
- Thermolumineszenzmessungen an Umweltproben
- Biologische Indikatoren, wie langlebige Chromosomaberrationen (FISH-Methode)
- ESR-Dosimetrie am Zahnnemail

- ^{90}Sr -Messungen am menschlichen Knochen (es bleibt zu klären, ob die gegenwärtige Körperbelastung durch die frühen Versuchsjahre bei Kleinkindern und Kindern hoch genug ist, um direkte in-vivo Messungen zu rechtfertigen).

Durch die Anwendung von UNSCEAR-Risikokoeffizienten, die hauptsächlich auf den Ergebnissen epidemiologischer Untersuchungen der Überlebenden von Hiroshima/Nagasaki beruhen, können die kollektiven kumulativen Dosen, die im Gebiet von Semipalatinsk angefallen sind, in eine Schätzung der Krebsfälle und Krebstodesfälle, die durch das Versuchsgelände verursacht wurden, konvertiert werden.

Ob die vorhandenen Strahlenrisiken signifikante Veränderungen in den Gesundheitsstatistiken der betroffenen Gebiete ergeben, ist noch nicht geklärt. Dies ist nicht nur eine Frage der individuellen Risiken, sondern hängt auch von der Vollständigkeit und Qualität der örtlichen Gesundheitsdaten ab.

Durch die Tatsache, daß die meisten Expositionen während der 50er und 60er Jahre erfolgten, kann gegenwärtig nicht viel unternommen werden, um die Dosis für die Bevölkerung zu reduzieren. Es bedarf jedoch einer längeren Kontrolle des Geländes des Polygons, um den Transport verbleibender Radioaktivität über Luft und Wasser zu überwachen und wo notwendig zu verhindern, daß Nomaden in kontaminierte Gebiete eindringen. Die Frage, ob durch die Ereignisse von Semipalatinsk für die Strahlenbiologie und -epidemiologie zusätzliche Informationen über die gesundheitlichen Auswirkungen chronischer Strahlenexpositionen gewonnen werden könnten, ist heute schwer zu beantworten. Aus der Verpflichtung zum Lernen aus vergangenen Fehlern sollte nach Linderung der dringendsten medizinischen Bedürfnisse der Betroffenen auch die Bewertung der Bombenschäden angegangen werden. □

Militärische nukleare Altlasten in den arktischen Meeresgebieten

Eine Sonderstellung bei den radioaktiven Altlasten auf dem Gebiet der ehemaligen UDSSR nimmt die Kontamination der arktischen Meeresgebiete als Folge der Versenkung radioaktiver Abfälle bis hin zu kompletten Atom-U-Booten ein. Allerdings ist das Thema so komplex, daß es im Rahmen dieser Übersicht nur der Vollständigkeit halber erwähnt, aber nicht detailliert behandelt werden kann. Die folgenden Angaben sind einem Bericht „Restructuring and Decommissioning the Military Nuclear Complexes of the Former Soviet Union“ der Firma Large & Associates [1] entnommen.

Nukleargetriebene Unterseeboote

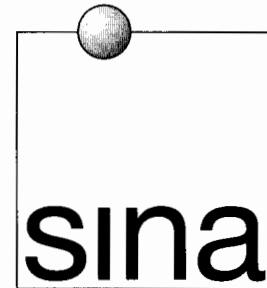
In den zurückliegenden Jahrzehnten hat die russische Marine rund 250 Atom-U-Boote in Dienst gestellt, fast alle mit jeweils zwei Druckwasser-Reaktoren ausgerüstet und mit Nuklearwaffen bestückt. Sie gehörten teils der Nordmeerflotte mit Basis auf der Halbinsel Kola und teils der pazifischen Flotte mit Basis in Wladiwostok an. 1993 war davon nur noch knapp die Hälfte im Einsatz; die anderen mußten wegen Alters, technischer Probleme und Mangel an Ersatzteilen und Servicemöglichkeiten ausgemustert werden. Im Jahr 2003, so wird geschätzt, werden nur noch 50 Boote übrigbleiben. Die Antriebsreaktoren der Boote insgesamt weisen mit rund 22.000 GW eine thermische Leistung auf, die in etwa derjenigen aller russischen Kernkraftwerksreaktoren entspricht. Stellt unter den gegenwärtigen Bedingungen in den früheren Sowjetrepubliken schon heute die geordnete Entsorgung und Lagerung der Reaktorkerne und ihrer Teile ein nahezu unlösbares Problem dar, so wurde in der Vergangenheit von den Vertretern des militärischen Komplexes bei der Beseitigung der Radioaktivität auf Strahlen- und Umweltschutzbefürworter keinerlei Rücksicht genommen. Unter anderem wurden zwischen 1965 und 1988 acht durch Unfälle havarierte Boote, teilweise mit

beschädigten Reaktoren, in den flachen Gewässern um Nowaja Semlja in Tiefen zwischen 20 und 300 m versenkt. Gleiches geschah mit dem noch voll bestückten Reaktorteil des Eisbrechers „Lenin“ in der Kara-See.

Dazu kommen während des Einsatzes verunglückte U-Boote, wie die Komсомоlets, die im April 1989 nach einem Feuer an Bord in der Barentsee mit 42 Seeleuten sank. Durch eine anschließende Explosion wurde das Boot und die nuklearen Gefechtsköpfe an Bord weiter stark beschädigt.

Feste und flüssige radioaktive Abfälle

Es wird geschätzt, daß von der sowjetischen Marine in den arktischen Barents- und Kara-Seen etwa 370.000 TBq an festen Abfällen und mehrere 1.000 TBq an flüssigen Abfällen versenkt oder direkt eingeleitet worden sind. Außerdem flossen über die Ströme Ob und Jenissei weitere Aktivitäten aus dem Majak-Komplex in der Größenordnung 100.000 TBq ein. Eine andere Quelle der radioaktiven Kontamination sind die Unterwasser-Kernwaffentests, die im Seegebiet um Nowaja Semlja stattgefunden haben [2]. Leider stehen mir derzeit keine Daten über gemessene Aktivitätskonzentrationen in diesen Gewässern zur Verfügung; vielleicht kann hier einer unserer Leser Literaturhinweise geben. □



Industrieservice GmbH
Bayernstr. 53 · D-75177 Pforzheim
Telefon 0 72 31 - 38 08 01

Hauptaufgaben:

Arbeitssicherheit, Strahlenschutz, Demontage, Dekontamination, Abfallvermeidung und Dokumentation für kerntechnische Anlagen.

main tasks:

occupational safety, radiation protection, disassembly, decontamination, waste avoidance and documentation for nuclear plants.

Objectifs principaux:

Securité travail, radioprotection, démantèlement, décontamination, réduction des déchets et documentation pour toutes installations nucléaires de base.



Qualitätsverbund Dekontamination e.V.

Zusammenschluß von Unternehmen, die personenorientierte Dienstleistungen - speziell Dekontaminationsarbeiten - in kerntechnischen Anlagen erbringen.

Informationen bei: R. Bartels
1. Vorsitzender QvD e.V.
Bayernstr. 53 · D-75177 Pforzheim

Association for quality and decontamination

Association of German companies specialized in employee-related services - in particular decontamination work - in nuclear plants.

Please contact
Chairman Mr. R. Bartels, QvD e.V.
for further informations

Union pour la qualité de la décontamination

Une association d'entreprises, qui effectuent des prestations de services dans des installations nucléaires de base - particulièrement dans le domaine de la décontamination.

Pour tous renseignements,
contactez: Rainer Bartels,
Président QvD eV

Atom­müll im All: Lecks in Satelliten führen zur Kontamination im Weltraum

In den Jahren von 1961 bis 1990 sind von der ehemaligen Sowjetunion 35 Satelliten mit Kernreaktoren und von den USA etwa 10 mit Isotopenbatterien an Bord in eine Erdumlaufbahn gebracht worden. Vier davon sind verglüht oder abgestürzt, wie SNAP 1964 und COSMOS 954 in Kanada 1978. Die verbleibenden russischen Reaktoren sind in etwa 1.000 km Höhe geparkt worden und stellen keine unmittelbare Gefahr für die Erdbevölkerung dar. Dagegen sind in jüngster Zeit zwei Auswirkungen der Radioaktivität im All bekannt geworden, mit denen man bisher nicht gerechnet hatte: Eine erhebliche Beeinträchtigung der orbitalen Gamma-Astronomie [1] und eine Kontamination des Weltraums durch ausgetretene radioaktive Kühlflüssigkeit [2].

Nukleare Energiequellen in Raumfahrzeugen: Ein internationales Problem

Die bisherigen Orbitalsatelliten mit Kernreaktoren oder Radioisotopenbatterien an Bord dienten durchweg militärischen Zwecken. Den daraus entstandenen Atom­müll im All können wir demnach als Altlast des Kalten Kriegs zwischen Ost und West vorläufig abhaken, - eine Altlast immerhin, die sich jeglicher Sanierung entzieht. Zunehmend hat sich aber auch die zi-

viele Raumfahrt mit diesen Energiequellen befaßt; weitere nukleare Raumfahrzeuge entstanden zumindest in den CAD-Systemen der NASA und verwandter Organisationen [3], wenn auch die Chancen, daß sie demnächst zum Einsatz kommen, aus politischen und finanziellen Gründen eher schlecht aussehen [4]. Vorangetrieben nicht zuletzt durch das große Öffentlichkeitsecho auf reale und befürchtete Abstürze von Nuklearsatelliten und das daraus resultie-

rende schlechte Image der Raumfahrt, ist dennoch über das radiologische Risiko für Bevölkerung und Umwelt und über die erforderlichen Maßnahmen zum Strahlenschutz auf internationaler Ebene intensiv nachgedacht worden (vgl. z.B. [1]). Darauf aufbauend, haben die Vereinten Nationen 1992 Rahmenbedingungen für die Nutzung nuklearer Energiequellen in der Raumfahrt festgelegt und angenommen [5]. In Zusammenhang mit dem Thema „Altlasten“ interessiert jedoch nur der jetzige Stand. Nachdem mit einem Absturz der noch im Orbit verbliebenen Nuklearsatelliten in nächster Zeit nicht gerechnet wird, bleibt die Kontamination.

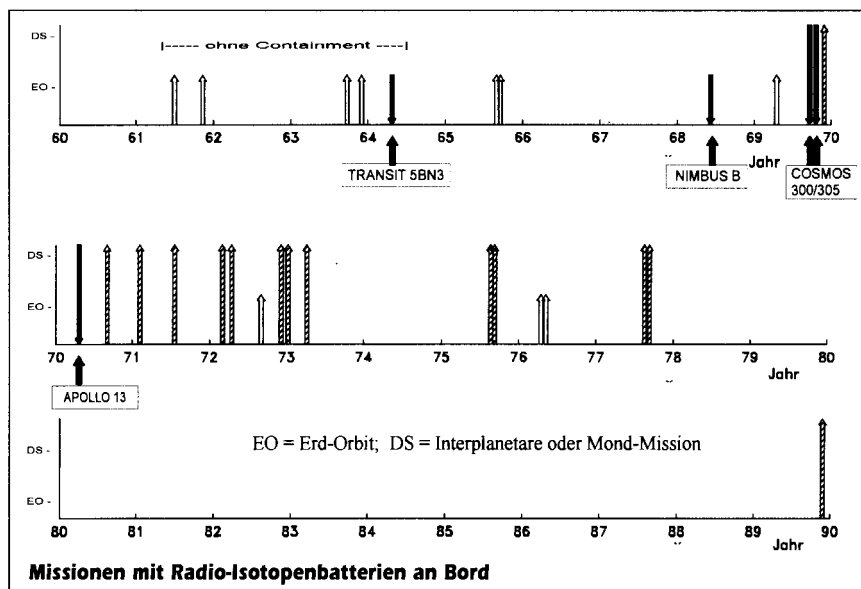
Wie kommt es zu einer Kontamination im All?

Zwei Ereignisse können Radioaktivität aus Satelliten freisetzen und im Weltraum verteilen: Eine Kollision mit Weltraumtrümmern und eine Leckage im Reaktorsystem. In dem Höhenbereich zwischen 700 und 1.000 km, in dem die Satelliten mit Reaktoren an Bord bevorzugt geparkt sind, besteht eine nicht zu vernachlässigende Kollisionswahrscheinlichkeit von rund 0,01 pro 100 Jahren Aufenthaltsdauer [1].

Leckagen sind bereits aufgetreten. Es wird geschätzt, daß sich einige Millionen radioaktiver Tropfen des als Kühlmittel benutzten Na-K-Gemischs im genannten Höhenbereich in der Umlaufbahn befinden, wobei rund 70.000 davon Durchmesser in der Größenordnung cm haben [2].

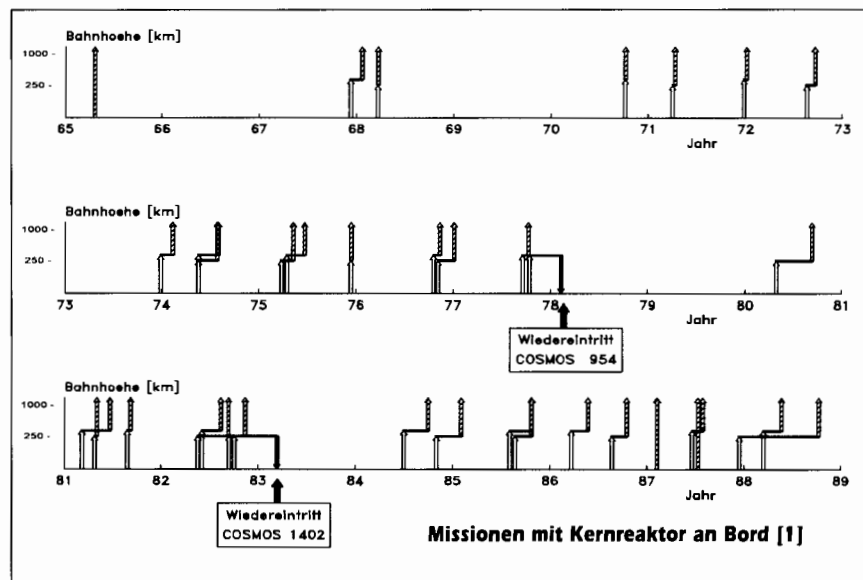
Konsequenzen

Kühlmitteltröpfchen und andere radioaktive Trümmer stellen im Weltraum keine radiologische Gefährdung dar, zumal ihre Aktivität im Lauf der Zeit noch weiter abnimmt. Die geplante internationale Raumstation, deren Bau Ende dieses Jahrhunderts beginnen soll, wird eine deutlich niedrigere Umlaufbahn haben. Doch sollte die



Gefahr für noch funktionierende Satelliten durch die erhöhte Kollisionsdichte nicht unterschätzt werden.

Anders bei Kollisionstrümmern von Reaktorsatelliten, die aufgrund ihres wesentlich kleineren ballistischen Koeffizienten aus der Umlaufbahn absinken. Es ist berechnet worden, daß im ungünstigsten Fall 97% der ursprünglichen Masse, z.B. des Reaktors, nach 25 Jahren in die Erdatmosphäre eintreten. Es würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen, die radiologischen Konsequenzen eines frühzeitigen Wiedereintritts von radioaktivem Material zu behandeln. Eine ausführliche Darstellung findet sich in Literatur [1]. □



Altlasten in der Perspektive Nicht nur der Strahlenschutz hat Sorgen

Zugegeben: Strahlenschützer haben sich um radioaktive und nicht um konventionelle Altlasten zu kümmern. Aber auch die konventionellen Altlasten stellen unsere Gesellschaft vor Probleme, deren Folgen sich grundlegend nicht von denen der radioaktiven unterscheiden. In ihrer Häufung sind sie jedoch weit gravierender. Bundesweit wurden bisher immerhin rund 160.000 Altlastverdachtsstandorte für den zivilen Bereich erfaßt. Dazu kommen aus dem militärischen Bereich Altlasten der Rüstungsindustrie und der Truppenstandorte, die in der Regel die Neunutzung des Geländes massiv behindern. Es scheint daher angebracht, als Abschluß des Schwerpunktthemas „Radioaktive Altlasten“ den Blick auch auf den konventionellen Problembereich zu richten: Altlasten in der Perspektive.

Konventionelle Altlasten im zivilen und militärischen Bereich

Der Begriff „Altlast“ wurde im Jahre 1978 vom Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) für umweltgefährdende alte Ablagerungsplätze geprägt [1]. Der Altlastenbegriff wurde anschließend auch auf umweltgefährdende stillgelegte Industriestandorte erweitert. Die erstmalige Berücksichtigung des Altlastenbegriffs in einem

Gesetz erfolgte 1988 im damaligen neuen Abfallgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen, dessen Altlastenteil die Begriffsbestimmungen und sachlichen Geltungsbereiche für Altablagerungen und Altstandorte umfaßt. Im DUDEN erscheint der Begriff Altlasten als Synonym für umweltgefährdende Abfallablagerungen erst im Jahre 1991.

Der bis dahin ausschließlich für „zivile“ Bereiche der industriellen Produktion

und der Abfallbeseitigung gebräuchlicher Begriff wurde schließlich auch auf umweltgefährdende ehemalige Rüstungsproduktionsstandorte (Rüstungsaltlasten) und Altlasten auf stillgelegten militärischen Liegenschaften (militärische Altlasten) ausgedehnt. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf nichtradioaktive konventionelle Altlasten aus dem zivilen und militärischen Bereich.

Altlastenproblematik

Ursache für den erheblichen Stellenwert der Altlastenproblematik in der umweltpolitischen Diskussion ist der aus heutiger Sicht unsachgemäße Umgang mit einer Vielzahl von chemischen Stoffen und Produkten in den Jahrzehnten der industriellen Entwicklung. Unzulängliche Abfallbeseitigung und in Boden und Grundwasser gelangte umweltgefährdende Stoffe sind Hypothesen aus der Vergangenheit. Solche Altlasten gefährden Mensch und Umwelt und müssen heute mit erheblichen finanziellen Aufwendungen saniert werden. Daß sich solche ökologischen Belastungen nicht nur auf den zivilen Sektor beschränken, wird am Beispiel der sogen. Rüstungsaltlasten deutlich, die sich nach bisherigem Sprachgebrauch auf umweltge-

fährdende ehemalige Standorte aus der Rüstungsproduktion in dem Zeitraum vor dem 1. Weltkrieg bis Ende des 2. Weltkrieges beziehen. Darüber hinaus resultieren erhebliche Umweltbelastungen aus dem Militärbetrieb, wie am Beispiel der inzwischen freigezogenen Standorte der Westgruppe der ehemaligen sowjetischen Truppen (WGT), der ehemaligen Nationalen Volksarmee (NVA), der Alliierten und der Bundeswehr deutlich wird.

Begriffsbestimmung, kontaminationsauslösende Produktstoffgruppen

In seinem Sondergutachten „Altlasten“ aus dem Jahre 1989 sah sich der SRU veranlaßt, Vorschläge zur einheitlichen Begriffsbestimmung zu unterbreiten [2]. In seinem 1995 vorgelegten Sondergutachten „Altlasten II“ hat der SRU die Untergliederung des Altlastenbegriffes dahingehend präzisiert, daß er zur Abgrenzung von den militärischen Altlasten allenfalls die Verwendung des Begriffes „Zivile Altlasten“ für zweckmäßig erachtet [3]. Zivile Altlasten umfassen demnach Altablagerungen und Altstandorte und militärische Altlasten, Altstandorte der Militärproduktion und Altstandorte des Militärbetriebs.

Nach dem Entwurf für ein Bundes-Bodenschutzgesetz, das Bodenschutz und Altlastensanierung beinhaltet, sind für Altlasten folgende Begriffsbestimmungen vorgesehen [4]:

- Altlasten sind
 1. stillgelegte Abfallentsorgungsanlagen sowie sonstige Grundstücke, auf denen Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert worden sind, (Altablagerungen) und
 2. Grundstücke stillgelegter Anlagen und sonstige Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist, soweit die Grundstücke gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen

Verwendung fanden (Altstandorte), durch die schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit hervorgerufen werden.

- Altlastverdächtige Flächen sind Altablagerungen und Altstandorte, bei denen der konkrete Verdacht besteht, daß schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit hervorgerufen werden.

Die genannten Begriffsbestimmungen beziehen sich auf zivile Altlasten und Altlastverdachtsflächen. Altablagerungen bestehen in der Regel aus Bauschutt, Bodenaushub, Hausmüll, hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen und Sonderabfällen. Altstandorte umfassen Standorte des produzierenden und verarbeitenden Gewerbes, der Handels-, Dienstleistungs- und Versorgungseinrichtungen sowie der Landwirtschaft.

Für die in der vorgenannten Begriffsbestimmung nicht enthaltenen militärischen Altlasten unterbreitet der SRU in Anlehnung an den Bereich der „zivilen“ Altlasten folgenden Definitionsvorschlag [3]:

Militärische Altlasten sind Altstandorte der Militärproduktion und des Militärbetriebs, sofern von ihnen Gefährdungen für die Umwelt, insbesondere die menschliche Gesundheit ausgehen oder zu erwarten sind;

- Altstandorte der Militärproduktion sind Grundstücke stillgelegter Anlagen zur Entwicklung, Herstellung, Lagerung und Vernichtung von militärischen Ausrüstungsgütern,
- Altstandorte des Militärbetriebs sind Grundstücke stillgelegter militärischer Anlagen zur Erprobung und Anwendung von militärischen Ausrüstungsgütern oder zur Ausübung sonstiger militärischer Aktivitäten, in denen oder auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen wurde.

Kontaminationsauslösende Produkt-/ Stoffgruppen für militärische Altlasten

sind herkömmliche Stoffgruppen, z.B. Betriebsstoffe (Mineralölprodukte), Abfälle und Hilfsstoffe. Für den Teilbereich der besonderen Belastungen durch konventionelle und chemische Kampfstoffe, wie z.B. Sprengstoffe, Initiatorsprengstoffe, Treibladungspulver, pyrotechnische Sätze, chemische Kampf- und Reizstoffe, Brand- und Nebelstoffe und entsprechende Munitionsarten, schlägt der SRU vor, die treffendere Bezeichnung „militärchemische Altlasten“ zu wählen. Dieser Begriff entspricht weitgehend dem bisher üblichen Begriff Rüstungsaltlasten, der 1990 von der Bundesregierung definiert wurde [5], vom SRU jedoch als wenig präzise erachtet wird.

Altlastensituation

Erfassung, Untersuchung und Bewertung sowie Sanierung ziviler Altlasten erfolgt durch die zuständigen Länder. Dies gilt auch für Rüstungsaltlasten (militärchemische Altlasten). Für sonstige militärische Altlasten, soweit sie in das Vermögen des Bundes fallen, sind die Bundesressorts zuständig.

Die tatsächliche Altlastensituation kann strenggenommen nur auf der Basis festgestellter Altlasten dargestellt werden. Da sowohl flächendeckende Erfassung von Altlastverdachtsflächen als auch Untersuchung und Bewertung noch nicht abgeschlossen sind, kann somit auch noch keine bundesweite Altlastenübersicht dargestellt werden, die ein Maß für die Altlastensituation in Deutschland wäre. Hilfsweise wird die Altlastensituation anhand der bisher erfaßten Altlastverdachtsflächen dargestellt.

Tabelle 1 enthält eine Übersicht über erfaßte zivile Altlastverdachtsflächen zum Stand 31.12.93. Während die Altablagerungen bereits eine hohe Erfassungsquote aufweisen, besteht hinsichtlich der Altstandorte, insbesondere in den alten Ländern zu diesem Zeitpunkt noch ein deutliches Erfassungsdefizit. Der Erfassungsgrad für Altlastverdachtsflächen ist in den neu-

| Länder | Erfasste altlastenverdächtige | | |
|-------------|-------------------------------|--------------|---------|
| | Ablagerungen | Altstandorte | Flächen |
| Alte Länder | 55.025 | 14.004 | 69.029 |
| Neue Länder | 30.008 | 39.685 | 69.693 |
| Gesamt | 85.033 | 53.689 | 138.722 |

Tabelle 1: Erfasste zivile Altlastverdachtsflächen

en Ländern mit rd. 85% im Vergleich zu rd. 65% in den alten Ländern relativ hoch. Der aktuelle Erfassungsstand liegt derzeit bei rd. 160.000 Altlastverdachtsflächen. Er weist damit bundesweit eine über 65% liegende Erfassungsquote bezogen auf die insgesamt prognostizierten 240.000 Altlastverdachtsflächen auf. Die Altlastenquote liegt nach bisheriger Einschätzung bei 10 bis 20%.

Hinzu kommen noch militärische Altlastverdachtsflächen. Tabelle 2 enthält eine unvollständige Übersicht über militärische Liegenschaften und, soweit bekannt, der Altlastenverdachtsflächen für die verschiedenen nationalen Streitkräfte in Deutschland sowie die bisher im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und des Umweltbundesamtes (UBA) registrierten militärchemischen Verdachtsstandorte (Rüstungsaltlastenverdachtsstandorte). Die im Auftrag des BMU/UBA und im Einvernehmen mit dem Bundesfinanzministerium (BMF) erfassten Altlastverdachtsflächen auf WGT-Liegenschaften beziehen sich auf die flächendeckende Bestandsaufnahme und umfassen die Gesamtanzahl der lokalisierten und räumlich eingegrenzten Altlastverdachtsflächen auf den Liegenschaften.

Aktuelle Entwicklungen

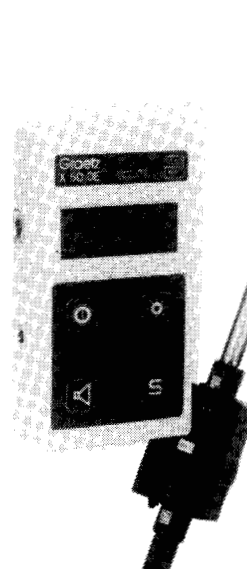
Aus der Sicht des Bundes sind neben der im Zuständigkeitsbereich der Länder derzeit durchgeführten systematischen Erfassung und Bewertung (Gefährdungsabschätzung) von Altlasten und Altlastverdachtsflächen sowie der

ggf. erforderlichen Sanierung oder Überwachung insbesondere folgende Aufgaben vordringlich:

- Schaffung bundeseinheitlicher Rahmenbedingungen zur Altlastensanierung im Rahmen eines Bundesbodenschutzgesetzes,
- Umsetzung des Verwaltungsabkommens über die Regelung der Finanzierung der ökologischen Altlasten in den neuen Ländern (VA-Altlastenfinanzierung),

- Erfassung und Bewertung von Altlastenrisiken auf ehemals militärisch genutzten Liegenschaften. Entsprechend der Koalitionsvereinbarung für die laufende Legislaturperiode werden die 1993 begonnenen Arbeiten zum Bundes-Bodenschutzgesetz zügig fortgeführt. Zur Umsetzung des Verwaltungsabkommens haben Bund und neue Länder im Verhältnis 60:40% für den Zeitraum von 10 Jahren jährlich 1 Mrd. DM für Gefahrenabwehrmaßnahmen zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus werden sogenannte Großprojekte mit einer Kostenteilung 75 (Bund) : 25% (Länder) finanziert. Diese Großprojekte beziehen sich einerseits auf die Braunkohlesanierung, für die von 1993 bis 2002 jährlich rd. 1,5 Mrd. DM zur Verfügung stehen, und andererseits auf bisher festgelegte 23 Großprojekte zur Altla-

Eichfähige Dosisleistungs-Meßsysteme



- X 5 DE
4 automatisch umschaltende Anzeigebereiche von $\mu\text{Sv/h}$ bis 19,99 mSv/h
- X 50 DE
6 automatisch umschaltende Anzeigebereiche von $\mu\text{Sv/h}$ bis 999 mSv/h
- Teleskopsonde DE
8 automatisch umschaltende Anzeigebereiche bis 10 Sv/h X5DE oder X50DE durch Bodenkontakte einfach aufsetzbar. Hochdosis- und Niederdosissonde. Teleskop verdrehungssicher bis 4 m ausziehbar.
- Wandstation WS 01 DE
mit Netzanschluß zur stationären Raumüberwachung mit der Sonde 18550 DE. Einstellbare Warnschwellen



Strahlungsmesstechnik GmbH Altena
Westiger Str. 172, 58762 Altena
Postfach 8100, 58754 Altena
Tel.: (02352) 70 07 - 0
Fax: (02352) 70 07 - 10



Tabelle 2: Erfasste militärische Liegenschaften und Altlastverdachtsflächen

| | Liegenschaften | Altlastverdachtsflächen |
|---|----------------|-------------------------|
| Westgruppe der ehem. sowjetischen Truppen (WGT) | 1.026 | rd. 32.000 |
| Bundeswehr und genutzte NATO-Liegenschaften | 3.500 | 500 |
| US-Armee | 847 | 364 |
| Rüstungsproduktionsstandorte | 4.739 | 4.739 |

stensenanierung im Bereich der Großindustrie mit einem geschätzten Finanzierungsbedarf von 6,5 Mrd. DM [6]. Von besonderer Priorität bei den Programmen zur Erfassung und Bewertung von Altlasten auf militärischen Liegenschaften waren die bis Ende August 1994 freigezogenen WGT-Liegenschaften sowie die NVA-Liegenschaften. Mit Abschluß des WGT-Vorhabens, das von 1991 bis 1995 mit einem Finanzrahmen von ca. 95 Mio. DM durchgeführt wurde, liegen für eine Fläche von ca. 250.000 ha flächendeckende Ergebnisse zur Altlastensituation für rd. ein Viertel der in Deutschland militärisch genutzten Flächen vor [7] □

Radioaktive Altlasten: Das Erbe des Atomzeitalters – Ein Resumée

Radioaktivität - so steht es geschrieben und so lesen wir es gern, um aus der deutschen Version eines altbekannten Gospel-Songs zu zitieren - wird ordnungsgemäß entsorgt. Nur halten sich nicht immer alle daran, sonst gäbe es keine radioaktiven Altlasten. Daß, und in welcher vielfältigen Form es sie gibt, dürften die Beiträge des Schwerpunktthemas eindringlich gezeigt haben.

Zwei Fragen drängen sich auf: Waren das nur die Folgen unserer atomaren Jugendsünden, haben wir dazugelernt, werden wir in der Zukunft verantwortungsbewußter mit der Radioaktivität umgehen als in der Vergangenheit? Und: Wie halten wir es, unter politischen, ökonomischen und Strahlenschutz-Gesichtspunkten, mit den bereits vorhandenen Altlasten? Die Fragen stelle ich als Teil unserer Gesellschaft, als Weltbürger. Die Antworten, soweit sie überhaupt zu geben sind, kann ich nur als Strahlenschützer geben.

Was die Herkunft der radioaktiven Hinterlassenschaften angeht, mit denen wir uns heute zu befassen ha-

ben, so zeigt die Übersicht des Schwerpunktthemas klar: Der bei weitem überwiegende Teil läßt sich direkt oder indirekt auf militärische Anwendungen zurückführen, bei denen die Strahlenschützer nicht gefragt werden. Und soweit ich sehe, haben auch heute die vermeintlich „höheren Interessen der Nation“ (Originalton Jaques Chirac, französisches Staatsoberhaupt, vom 14. Juni 1995) immer noch Vorrang. Dennoch sollten auf Dauer aus dem nuklearmilitärischen Komplex keine weiteren Altlasten mehr zu erwarten sein; die bereits vorhandenen, von der Abrüstung der Nuklearwaffen bis zu dem Clean-up in den Produktionsstandorten, stellen uns auch so vor gewaltige Aufgaben. Im zivilen Bereich jedenfalls, auch das zeigen viele der Beiträge, werden die Strahlenschützer heute - auf internationaler Basis und mit Hilfe von Organisationen wie der IAEA oder der IRPA und unterstützt durch ein gewachsenes Umweltbewußtsein - verstärkte Anstrengungen unternehmen, Strahlenquellen aller Art besser zu kontrollieren.

Und an vielen Stellen der Welt wird mit dem Aufräumen und, wo dies notwendig und möglich ist, mit der Schadensbegrenzung begonnen. Strahlenschützer und Strahlenmediziner tun gerade in den kontaminierten Regionen im Osten, was immer sie können; dazu finden sich in diesem Heft viele Informationen. Auf die Situation in anderen Ländern, vornehmlich den USA, konnte leider nicht eingegangen werden; aber auch dort wird derzeit intensiv über Sanierungen diskutiert.

An vielen anderen kontaminierten Standorten scheint das Risiko gering, Sanierungsmaßnahmen erweisen sich als nicht erforderlich, nicht wirtschaftlich oder nicht möglich. Auch wenn im Weltbild eines Strahlenschützers alle radioaktiven Altlasten, mit welchem Grad von Risiko immer, häßliche Flecken darstellen, - wir werden uns damit abfinden müssen, daß es sie gibt. Als ein Erbe des Atomzeitalters, das wir nicht gewollt haben, aber nicht ausschlagen können.

Rupprecht Maushart ■

STICHWORTE

Radioaktive und konventionelle Altlasten, Uranerzbergbau, Tschernobyl, Kychtym, Semipalatinsk, radioaktiver Schrott, Radioaktivität im Weltraum.

LITERATUR
Radioaktive Altlasten: Das Erbe des Atomzeitalters (R. Maushart)

- [1] Deutscher Juristentag B. Abteilung Umweltrecht, Rundschreiben Nr.5/1994
- [2] Sondergutachten "Altlasten"; Deutscher Bundestag, Drucksache 11/6191 v. 03.01.1990
- [3] Sondergutachten „Altlasten II“; Deutscher Bundestag, Drucksache 13/380 v. 02.02.1995

Altlasten aus viereinhalb Jahrzehnten Uranerzbergbau in Ostdeutschland: Situation, Belastungen, Sanierungswege (W. Goldammer)

- * Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) „Strahlenschutzgrundsätze für die Verwahrung, Nutzung oder Freigabe von kontaminierten Materialien, Gebäuden, Flächen oder Halden aus dem Uranerzbergbau“. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 23. Fischer Verlag, Stuttgart 1992
- * Bundesministerium für Wirtschaft „WISMUT - Stand der Stilllegung und Sanierung“ BMWi-Dokumentation Nr.335, Bonn, August 1993
- * Hagen, M. „Objectives and Main Activities of the Current WISMUT Remediation Concept“. International Symposium on Remediation and Restoration of Radioactive - Contaminated Sites in Europe, Antwerp 11. - 15. October 1993
- * Mager, D.; Vels, B. „Wismut: Example for the Uranium Industry in Eastern Europe“. Proceedings of the Seventh International Symposium by the Uranium Institute, London 9. - 11. September 1992
- * Nelson, R.A.; Chemoff, A.R.; Mager, D.; Goldammer, W. „U mining legacy - comparing the restoration challenges posed by uranium mining and milling in the USA with the former GDR“. Nuclear Engineering International, Vol. 39, No. 475, February 1994

Altlasten aus der Technischen Anwendung von Strahlenquellen (N. Jackisch)

- [ST94] Behandlung von schwer zu bergenden ⁶⁰Ca-Strahlenquellen in ehemaligen Trinkwasserbrunnen; Stellungnahme der Strahlenschutzkommission,

verabschiedet in der 128. Sitzung am 8./9. Dezember 1994

Radioaktivität in Schutt und Schrott (R. Maushart)

- [1] Lubenau, Joel O., and James G. Yusko, Radioactive Materials in Recycled Metals; Health Physics Vol. 68 No.4 (1955) p. 440-451
- [2] Marley, R., Radioactive Steel in Taiwan Homes; American Metal Market, Sept.14,1993
- [3] Marshall, E., Juarez: An Unprecedented Radiation Accident; Science 223,(1984) p. 1152 - 1154
- [4] Simon, N., and J. Harley, Skin Reactions from Gold Jewelry; J. Am. Med. Assoc. 200 (1967) p. 166-167
- [5] IAEA, The Radiological Incidence in Goiania; STI/PUB/815, Vienna (1988)
- [6] Addendum zu (1), p. 451
- [7] IAEA, Nature and Magnitude of the Problem of Spent Radiation Sources; TECDOC-620, Vienna (1991)
- [8] Petterson, P.G., Improving the Management of Spent Radiation Sources; IAEA Bulletin 3:19 (1992)

Tschernobyl und die Folgen: Eine Altlast ganz besonderer Art - Altlasten aus den sowjetischen Kernwaffentests: Das Polygon von Semipalatinsk (W. Burkart)

- [AK 94] Akleyev A. V. and Lyubchansky, 1994. A Brief History of Contaminations and Exposures in the Southern Urals. In: Radiation exposure in the Nuclear Test Site. Presented at the NATO Advanced Research Workshop on Long-term Consequences of Nuclear Tests, Bormaul, Siberia, Sept. 1994
- [BU 94] Burkart W. and Kellerer A. (Guest editors), 1994. A First Assessment of Radiation Doses and Health Effects in Workers and Communities Exposed since 1948 in the Southern Ural. Special Issue of The Science of the Total Environment 142, 1-125, Elsevier, Amsterdam
- [K094] Kostyuchenko V. A. and Krestinina L. Y., 1994. Long-term Irradiation Effects on the Population Evacuated from the East-Urals Radioactive Trace Area. In: Radiation exposure in the Southern Urals (W. Burkart and A. M. Kellerer, eds.) The Science of the Total Environment 142, 1-8
- [ST94] P. Stegnar, 1994. Present Radiological Situation at the Semipalatinsk N Committee an

the Effects of Atomic Radiation, 1993. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 1993 Report, Wien

[UN93] United Nations Scientific Committee on the Environment (W. Burkart and A. M. Kellerer, eds.) The Science of the Total Environment 142, 1-8

Militärische nukleare Altlasten in den arktischen Meeresgebieten (R. Maushart)

- [1] J.H. Large, Restructuring and Decommissioning the Military Nuclear Complexes of the former Soviet Union; Large & Associates, ohne Ort und Datum
- [2] Atom ohne Geheimnis: Eine Dokumentation zum Nuklearkomplex der GUS und Rußlands; IPPNW, Moskau-Berlin 1992

Atom Müll im All: Lecks in Satelliten führen zur Kontamination im Weltraum (R. Maushart)

- [1] D.Rex, J. Bendisch, W. Pfeffer, D. Bachner, Sicherheitsaspekte nuklearer Energiequellen im Weltraum; GRS Köln, Juni 1990
- [2] R. Merget, Schwebender Atom Müll als Erblast des Kalten Krieges; dpa-Meldung vom 01.04.95
- [3] G.L. Bennett, Developing a Realistic Nuclear Policy; Space News February 6-12, 1995
- [4] Th. Foley, Space Nuclear Power Faces Bleak Future; Space News January 16-22, 1995
- [5] Principles Relevant to the Use of Nuclear Power Sources in Outer Space; UN-Resolution 47/68 vom 14.12.1992 UNO New York 1992

Altlasten in der Perspektive: Nicht nur der Strahlenschutz hat Sorgen (V. Franzius)

- [1] Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltgutachten 1978. Deutscher Bundestag, 8. Wahlperiode, Drucksache 8/1938 vom 19.9.1978
- [2] Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Altlasten, Sondergutachten Dezember 1989, Metzler-Poeschel, Stuttgart 1990
- [3] Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Altlasten II, Sondergutachten Februar 1995, Metzler-Poeschel, Stuttgart 1995
- [4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz -

BBodSchG). Entwurf vom 7. Februar 1994 (unveröffentlicht)

[5] Deutscher Bundestag: Antwort der Bundesregierung auf die Große Anfrage zum Thema Rüstungsaltlasten.

11. Wahlperiode, Drucksache 11/6972 vom 26.4.90

[6] Eisenbarth, S.: Altlastensanierung und Altlastenfinanzierung. Freistellung und Sanierung in den neuen Ländern unter Beteiligung des Bundes. Economica Verlag, Bann 1995

[7] Umweltbundesamt: Teilabschlussberichte zum WGT-Vorhaben. Texte des Umweltbundesamtes, Berlin 1995

AUTOREN

Werner Burkart

- Tschernobyl und die Folgen:

Eine Altlast ganz besonderer Art

- Altlasten aus der sowjetischen Produktion von Bomben-Plutonium: Majak und die Kyshtym-Unfälle

- Altlasten aus den sowjetischen Kernwaffentests: Das Polygon von Semipalatinsk



AUTOR

Werner Burkart, geb. 1946; Studium der Biochemie/Mikrobiologie an der ETH Zürich (Promotion 1972), Zweitstudium M.S. Environmental Health am Institute of Environmental Medicine der New York University Medical School (1982), Habilitation für Strahlenbiologie (1989, Zürich), Umhabilitation Med. Fakultät der LMU München (1993). Berufliche Stationen: Sekretär Schweiz. Nationalfonds zur Förderung der wiss. Forschung, Biozentrum der Universität Basel, Paul Scherrer Institut Villigen, seit 1991 Leiter des Fachbereichs und des Instituts für Strahlenhygiene im Bundesamt für Strahlenschutz.

ANSCHRIFT DES AUTORS

Prof. Dr. Werner Burkart
Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz, Ingolstädter Landstr. 1, 85764 Oberschleißheim

Volker Franzius

- Altlasten in der Perspektive

Nicht nur der Strahlenschutz hat Sorgen



AUTOR

Dr. Volker Franzius, geb. 1942; Studium des Bauingenieurwesens an der Technischen Hochschule Hannover; Assistent am Institut für Wasserbau der Technischen Hochschule Darmstadt; Promotion zum Dr.-Ing; Direktor und Professor beim Umweltbundesamt, Leiter der Abteilung Boden; Gründungsmitglied und

stellvertretender Vorsitzender des Ingenieurtechnischen Verbandes Altlasten e.V. (ITVA).

ANSCHRIFT DES AUTORS

Dr. Volker Franzius
Umweltbundesamt
Bismarckplatz 1
14193 Berlin

Wolfgang Goldammer

- Altlasten aus viereinhalb Jahrzehnten Uranerzbergbau in Ostdeutschland: Situation, Belastungen, Sonierungswege



AUTOR

Dr. Wolfgang Goldammer, geb. 1958, studierte an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster Physik. Diplomarbeit und Promotion fertigte er im Bereich der theoretischen Festkörperphysik an. Seit 1988 ist er für das Ingenieurbüro Brenk Systemplanung in Aachen im Bereich des Strahlen- und Umweltschutzes tätig. In das WISMUT-Sanierungsprojekt ist er seit 1990 involviert und im Rahmen der gutachterlichen und beratenden Arbeiten für Bundes- und Länderbehörden in diesem Bereich als Projektleiter tätig.

ANSCHRIFT DES AUTORS

Dr. Wolfgang Goldammer
Am Neuenhof 1A
50937 Köln

Norbert Jackisch

- Altlasten aus der technischen Anwendung von Radioaktivität: Die ⁶⁰Co-Strahlenquellen in der DDR



AUTOR

Dipl.-Phys. Norbert Jackisch, geb. 1931, Studium an der TH Dresden, Diplom 1961; 1961 bis 1990 Tätigkeit in der atomrechtlichen Aufsicht der DDR, 1991 wiss. Angestellter im Bundesamt für Strahlenschutz, seit 1992 Lei-

ter des Fachgebietes „Strahlenschutz am Arbeitsplatz“ im Fachbereich Strahlenschutz des Bundesamtes für Strahlenschutz

ANSCHRIFT DES AUTORS

Dipl.-Phys. Norbert Jackisch
Bundesamt für Strahlenschutz
Fachbereich Strahlenschutz
Waldowallee 117
10318 Berlin

Rupprecht Maushart

- Was sind radioaktive Altlasten?
- Radioaktivität in Schutt und Schrott: Die Proliferation von Material aus Strahlenquellen
- Militärische nukleare Altlasten in den arktischen Meeresgebieten
- Atommüll im All: Lecks in Satelliten führen zur Kontamination im Weltraum



AUTOR

Dr. Rupprecht Maushart, geb. 1929, ab 1957 im Strahlenschutz am Kernforschungszentrum Karlsruhe tätig; von 1967-1995 bei der Firma Berthold als Wissenschaftlicher Leiter Strahlenschutz; Vorstandsmitglied von FS und IRPA; Autor und Coautor mehrerer Bücher; ab 1995 Schriftleiter StrahlenschutzPraxis.

ANSCHRIFT DES AUTORS

Dr. Rupprecht Maushart
Pappelweg 38
75334 Straubenhardt

Ingolf Winkelmann

- Altlasten aus der sowjetischen Produktion von Bomben-Plutonium: Majak und Kyshtym-Unfälle



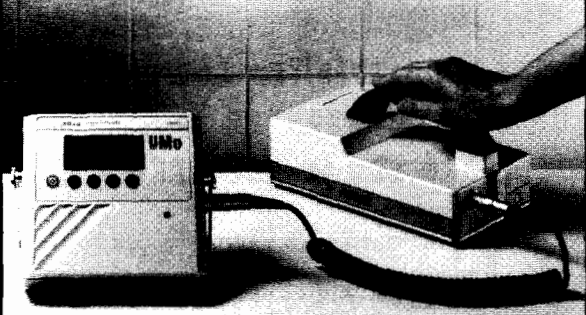
AUTOR

Dr. Ingolf Winkelmann, geb. 1942, studierte an der Technischen Hochschule München Physik. Seit 1970 im Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes in München mit der Schwerpunktaufgabe „Emissionsüberwachung bei kerntechnischen Anlagen“. 1992 Wechsel nach Berlin als Leiter der Abteilung „Strahlenexposition durch kerntechnische Anlagen“ im Bundesamt für Strahlenschutz.

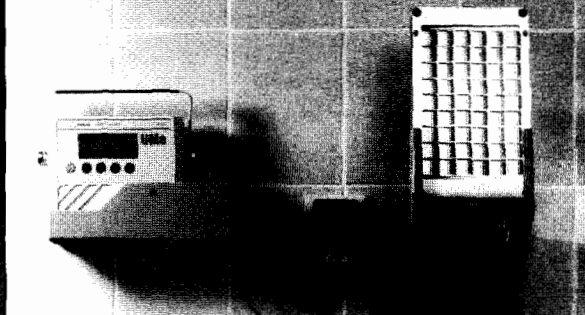
ANSCHRIFT DES AUTORS

Dr. Ingolf Winkelmann
Bundesamt für Strahlenschutz
Außenstelle Berlin
Waldowallee 117
10318 Berlin

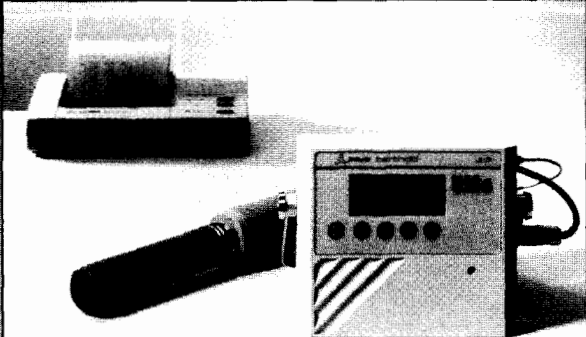
Einer für alles



Zur Oberflächenkontaminationsmessung...



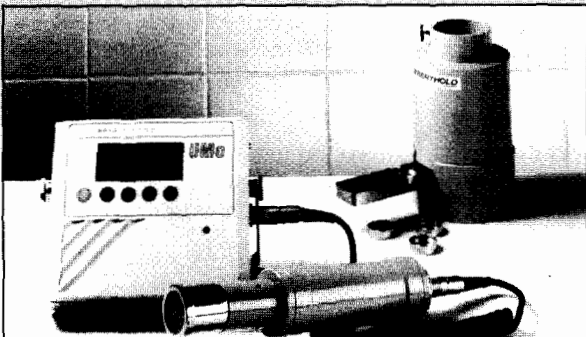
Zur Personenkontaminationsmessung...



Zur Photonendosisleistungsmessung...



Zur Neutronendosisleistungsmessung...



Zur Aktivitätsmessung...



...einfach für alles!

UMo ist der neue Universal-Monitor zur Messung von Kontamination, Dosisleistung und Radioaktivität im Strahlenschutz. Rufen Sie uns an!



Stammwerk: Laboratorium Prof. Dr. Berthold GmbH & Co. KG · D-75312 Bad Wildbad · Postf. 10 01 63 · Tel. (0 70 81) 1 77-0 · Fax (0 70 81) 1 77-100

- | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Berlin | Erlangen | Hannover | Köln | München | Österreich | Schweiz |
| (0 30) 7 41 14 83 | (0 91 31) 2 16 91 | (05 11) 90 23 70 | (0 22 04) 9 72 00 | (0 89) 1 49 40 34 | (+43) 19 14 22 51 | (+41) 18 40 45 73 |

AUTOREN

Hansruedi Völkle
Alfred Neu
Susanne Weimer

ZUSAMMENFASSUNG

Das Radionuklid Tritium wird in der Schweiz und in Deutschland u.a. bei der Herstellung von Uhren mit Leuchtziffern in z.T. recht großen Mengen verwendet. Aus Betrieben und Kernanlagen werden in der Schweiz pro Jahr etwa 100 bis 150 TBq Tritium in Form von HTO in die Umwelt freigesetzt, wobei das meiste in das Einzugsgebiet des Rheins bzw. des Doubs gelangt. Obwohl lokal in Niederschlägen und Gewässern teilweise Werte bis zu einigen Tausend Bq/l auftreten, führen diese Immissionen bei der Bevölkerung der Nahumgebung nur zu geringen und radiologisch unbedeutenden zusätzlichen Strahlendosen von jährlich höchstens wenigen Prozent eines mSv. Im Schweizer Jura und in Baden-Württemberg wurden auch die Sickerwasser zahlreicher Mülldeponien auf Tritium untersucht. Das in Baden-Württemberg freigesetzte Tritium gelangt praktisch vollkommen in den Rhein, wobei Emittenten am Neckar wegen dessen geringer Wasserführung auffälliger erscheinen.

SUMMARY

Tritium is a widely used radionuclide in industrial applications, specially in the manufacturing of watches with luminous dials. In Switzerland between 100 and 150 TBq of Tritium (as HTO) are evacuated every year to the environment by industrial enterprises and nuclear installations, most of this activity goes either by the river Doubs to France or the river Rhine to Germany and the North Sea. Near these facilities tritium concentrations of up to several thousand Bq/l are observed in rain and surface water. Nevertheless, the radiological impact to the surrounding population is weak and the additional radiation dose amounts to at least a few percent of a mSv per year. Also a number of waste disposal sites in the Swiss Jura and the German Baden-Württemberg have been investigated, where tritium containing waste had been dumped earlier. In Baden-Württemberg Tritium released to the environment goes mainly into the river Rhine, minor quantities also in the river Neckar.

Altlast Tritium?

Tritium aus industriellen Anwendungen in der Umwelt: Messungen in Süddeutschland und in der Schweiz

Im Frühsommer 1992 berichteten die Tageszeitungen im Raum Karlsruhe/Pforzheim in großer Aufmachung über gefährliche Tritiumkonzentrationen im Sickerwasser von Mülldeponien. In der Tat sind in den Regionen Süddeutschlands und der Schweiz, in denen lange Zeit eine florierende Uhrenindustrie angesiedelt war, verhältnismäßig hohe Tritiumaktivitäten in die Umwelt gelangt. Dennoch erweisen sich, wie die nachfolgende Arbeit zeigt, die Rückstände als radiologisch unbedenklich für die Bevölkerung. Dies kann allerdings in keinem Fall als Entschuldigung für eine leichtfertige oder gar gesetzeswidrige „Entsorgung“ dieses Radionuklids dienen.

Radiologische Bedeutung und Vorschriften

Tritium als radioaktives Isotop des Wasserstoffs zerfällt mit einer Halbwertszeit von 12,3 Jahren und emittiert Elektronen (Beta-Strahlung) mit einer mittleren Energie von 5,5 keV (Maximalenergie 18 keV); deren maximale Reichweite beträgt in Gewebe infolge der schwachen Zerfallsenergie nur wenige μm , in der Luft wenige mm. Die externe Strahlenexposition ist daher gegenüber der internen durch Aufnahme über Atemluft als Wasserdampf, Trinkwasser, Nahrung und über Hautkontakt vernachlässigbar. In seiner oxydierten Form als HTO nimmt Tritium am Wasserhaushalt des Körpers teil und ist radiologisch wesentlich wirksamer als das HT-Gas. Vom aufgenommenen Tritium wird rund 97% mit einer Halbwertszeit von rund 10 Tagen (4 bis 18 Tage beim Erwach-

senen; 3,5 Tage beim Kleinkind) wieder ausgeschieden [2]. Gemäß der Schweizerischen Strahlenschutzverordnung StSV [4] führt die Aufnahme über Ingestion bzw. über Inhalation von 1 Bq Tritium in der Form von HTO bei Erwachsenen zu einer 50-Jahres-Folgedosis von $1,7 \cdot 10^{-11}$ Sv (10jährige Kinder: $2,4 \cdot 10^{-11}$ Sv; 1jährige Kinder: $4,3 \cdot 10^{-11}$ Sv). Für HTO gilt in der Schweiz gemäß StSV im öffentlich zugänglichen Bereich, d.h. außerhalb der Umzäunung von Betrieben und Anlagen ein Immissionsgrenzwert für Luft von 1600 Bq/m^3 (HT-Gas: $3,3 \cdot 10^7 \text{ Bq/m}^3$) bzw. für Wasser von 12.000 Bq/l . Dessen Ausschöpfen würde bei Dauerexposition zu einer effektiven Dosis von je 0,2 mSv pro Jahr führen. Für Lebensmittel gilt gemäß StSV ein Toleranzwert von 1.000 Bq/kg , für Kleinkindernahrung ein Grenzwert von 3.000 Bq/kg und für die übrigen

Lebensmittel ein solcher von 10.000 Bq/kg; Tritium-haltige Stoffe gelten gemäß der StSV als radioaktiv, wenn ihre spezifische Aktivität mehr als $6 \cdot 10^5$ Bq/kg beträgt (Freigrenze). In Deutschland ist bei Bezug auf einen Dosisgrenzwert von 0,3 mSv pro Jahr, allein herrührend von oral aufgenommenem Tritium, ein Grenzwert von rd. 23.000 Bq/l bzw. Bq/kg für Nahrungsmittel ableitbar; der entsprechende Immissionsgrenzwert für Luft liegt bei rd. 2.500 Bq/m^3 , der Freigrenzwert bei $5 \cdot 10^6$ Bq, unabhängig von der umgebenden Matrix.

Natürliches und anthropogenes Tritium in der Umwelt

Die kosmische Strahlung erzeugt pro Jahr etwa 10^5 TBq. Das Weltinventar an natürlichem Tritium wird auf ca. $2 \cdot 10^6$ TBq geschätzt. Davon befinden sich 99% in den Ozeanen und der Rest in Atmosphäre und Grundwasser. In der Biosphäre liegt der natürliche Tritiumanteil in Niederschlägen und Gewässern bei 0,8 Bq/l. Die Kernwaffenversuche haben zusätzlich rund $2 \cdot 10^8$ TBq erzeugt und den Pegel in den 60er und 70er Jahren bis auf einige Hundert Bq/l erhöht. Seither nahmen die Konzentrationen allmählich wieder ab und liegen in den 90er Jahren an von lokalen Emittenten unbeeinflussten Stellen, z.B. im Berner Oberland zwischen 0,5 und 5 Bq/l [1]. Der Beitrag der Kernkraftwerke beträgt weltweit bis heute $7 \cdot 10^4$ TBq, jener der Wiederaufarbeitung $2 \cdot 10^3$ TBq [2, 3]. Die jährlichen Tritiumabgaben der Schweizer Kernanlagen über das Abwasser betragen in den Jahren 1991 bis 1994: 0,2 - 0,4 TBq (KKW Mühleberg), 7 - 12 TBq (KKW Beznau), 12 - 13 TBq (KKW Gösgen-Däniken) und 0,6 - 1 TBq (KKW Leibstadt); jene über die Abluft werden nicht systematisch erfaßt und dürften für alle vier Anlagen zusammen bei 2 TBq liegen. Aus dem Paul-Scherrer-Institut (PSI) in Villigen/AG wurden im gleichen Zeitraum pro Jahr 0,03 bis 0,8 TBq über

| Tritium-verarbeitender Betrieb in: | Abluft | Abluft | Abwasser |
|------------------------------------|----------------|--------------|---------------|
| Ort | Gesamt-Tritium | Anteil HTO | HTO |
| Teufen/AR | 14-15 | 10-11 | 0,012 - 0,014 |
| Niederwangen/BE | 63-96 | 17-21 | 0,005 - 0,012 |
| Volketswil u. Männedorf/ZH | 0,16 - 0,30 | keine Angabe | 0,001 - 0,017 |

Tabelle 1: Tritium-Abgaben der Jahre 1991-1994 aus Schweizer Betrieben in TBq/Jahr [1]

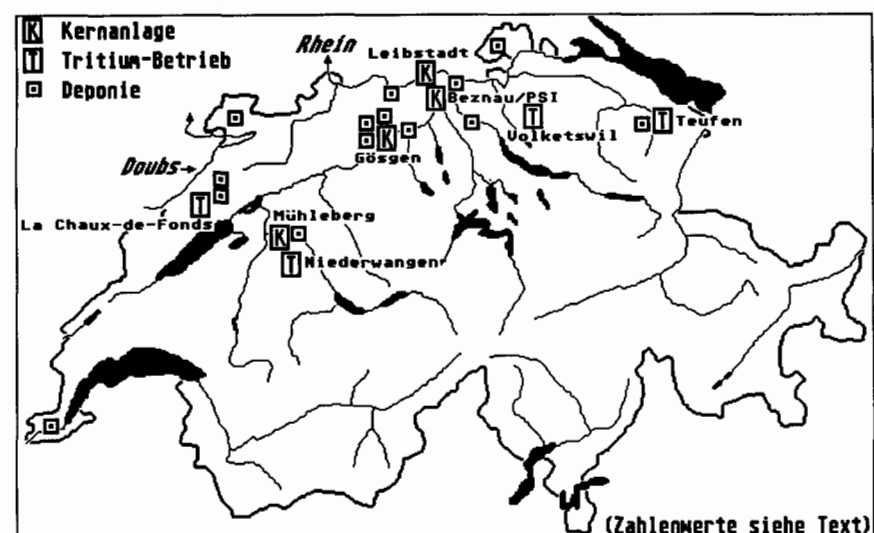
das Abwasser sowie 0,9 bis 5,5 TBq über die Abluft freigesetzt [1]. Die kerntechnischen Anlagen in Baden-Württemberg emittieren jährlich Tritium mit der Abluft im Bereich zwischen 10 MBq und 10 TBq, Kernkraftwerke zwischen 0,02 und 2 TBq pro Jahr. Den unteren und oberen Extremwert nehmen der in der Nuklearmedizin verwendete TRIGA-Reaktor und das komplexe Forschungszentrum Karlsruhe ein. Über das Abwasser gelangen derzeit jährlich zwischen 1 und 50 TBq je Jahr und Anlage in den Vorfluter. Die maximalen Beiträge zur effektiven Strahlendosis über den gesamten Abwasserpfad liegen unter Zugrundelegung der Meßergebnisse von Umweltproben unter 0,01 mSv pro Jahr.

Industrielle Anwendung von Tritium in der Schweiz

Seit Mitte der 60er Jahre wird Tritium in großen Mengen in der Uhrenindustrie in beiden Ländern für die Herstellung von Uhren mit Leuchtziffern verwendet

(früher Ra-226); in der Schweiz wird Tritium-Leuchtfarbe vor allem von einem Betrieb in Teufen/AR hergestellt und in zahlreichen Setzateliers im Jura verarbeitet. Ein anderer Betrieb in Niederwangen/BE stellt seit 1974 vor allem Tritiumgas-Leuchtquellen (TGLQ) für die Beleuchtung von Uhren, Meßgeräten, militärischen Zielvorrichtungen und ähnliches her. Dies sind mit Tritiumgas gefüllte und innen mit Leuchtstoff beschichtete Glasröhrchen oder -kugeln. Sie sind im Vergleich zur Leuchtfarbe, bei der erfahrungsgemäß etwa 10% der Aktivität pro Jahr herausdiffundiert, dicht, und das Tritium kann nur beim Bruch des Glases freierwerden; sie benötigen allerdings höhere Aktivitäten. In der Schweiz dürfen [5] Armbanduhren mit Leuchtziffern maximal 0,3 GBq, andere Uhren maximal 0,37 GBq und Taucheruhren maximal 0,9 GBq Tritium enthalten, solche mit TGLQ maximal 7,4 GBq pro Uhr; in der Regel ist nur Tritium als Nuklid für Uhren zugelassen. Im weiteren ist ein Trend erkennbar, bei

Abb. 1: Überwachung der Tritiumaktivität in der Schweiz



(Zahlenwerte siehe Text)

gewissen Uhren ganz auf radioaktive Leuchtziffern zu verzichten.

In den Jahren 1991 bis 1994 wurden in der Schweiz jährlich in Produktionsbetrieben 6.800 - 17.000 TBq, in Leuchtfarbenbetrieben 760 - 1.300 TBq und in Forschungsbetrieben 1,3 - 10,4 TBq industriell verarbeitet [1].

Die Abgaben an die Umwelt aus den Leuchtfarben-Setzateliers, hauptsächlich im Jura, sind nicht bekannt und können nur indirekt aufgrund von Messungen in der Umwelt grob abgeschätzt werden. Für die Region von La Chaux-de-Fonds/NE im Neuenburger Jura, wo etwa 40% des gesamthaft in Setzateliers verarbeiteten Tritiums verbraucht wird, kann aus den Messungen am Ausfluß der Kläranlage für die Jahre 1991 bis 1994 ein jährlicher Abfluß von 25 bis 50 TBq abgeschätzt werden. Dieses Tritium kommt im wesentlichen von der Rauchgaswaschanlage der regionalen Kehrlichtverbrennungsanlage, wo Tritium-haltige Abfälle aus der Uhrenindustrie verbrannt werden. Die Bilanzierung über den Fluß Doubs, in den diese Abwässer schließlich gelangen, ergibt für die gleiche Zeit einen ungefähren Jahresabfluß von 40 bis 100 TBq. Dies deutet darauf hin, daß Tritium, sofern es sich um HTO handelt, nicht nur über das Abwasser freigesetzt wird, sondern auch über die Abluft und von da über die Niederschläge in die lokalen Gewässer gelangt. Mit Ausnahme der Emissionen im Raume La Chaux-de-Fonds, die über den Doubs nach Frankreich abfließen, gelangen die meisten anderen Tritium-Emissionen aus der Schweiz, inklusive jene der Kernanlagen, letztlich in den Rhein und dürften etwa 60 TBq pro Jahr betragen. Dazu kommen noch rund 60 TBq Tritium, das in Form von HT-Gas aus den Betrieben mit der Abluft freigesetzt wird [1].

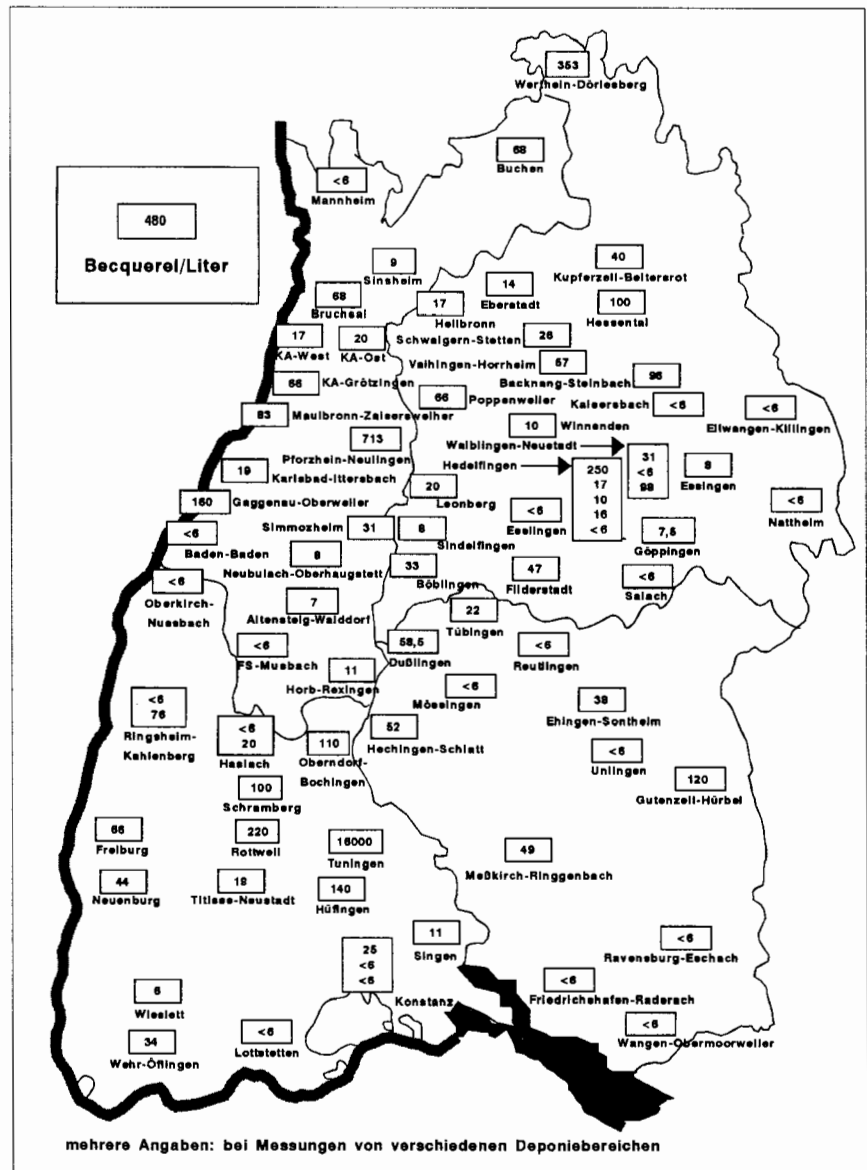
Ergebnisse der Überwachung in der Schweiz [1]

Die Tritium-Emissionen der genannten Betriebe führen in der näheren

Umgebung zu teilweise erhöhten Konzentrationen in Niederschlägen, Oberflächen- und Grundwässern, den Abwässern aus Kläranlagen sowie in den dort produzierten pflanzlichen Lebensmitteln und in der Milch. Während die Niederschläge von unbeeinflussten Stellen 1993 Werte zwischen 0,5 und 5 Bq/l ergaben, wurden im Schweizerischen Mittelland infolge der Abgaben aus Kernanlagen und Betrieben Werte zwischen 1 und 25 Bq/l registriert, in der Stadt La Chaux-de-Fonds 40 bis 300 Bq/l, in Niederwangen/BE 20 bis 900 Bq/l und in Teufen/AR 1.000 bis 9.000

Bq/l. Bei den Flüssen zeigte beispielsweise die Aare im Berner Oberland, wo keine lokalen Tritium-Emittenten sind, 1993 weniger als 2 Bq/l und im Schweizerischen Mittelland 3 bis 25 Bq/l; der Doubs ergab unterhalb von La Chaux-de-Fonds 25-1.500 Bq/l. Kleinere Oberflächengewässer in der Nahumgebung dieser Betriebe ergaben für La Chaux-de-Fonds (Messung Mitte der 80er-Jahre) 20 bis einige Tausend Bq/l, in Niederwangen (1993) bis 30 Bq/l und in Teufen (1993) bis 250 Bq/l. Im Wasseranteil von Gemüse bzw. in der Milch aus Niederwangen wurden 1993 Werte

Abb. 2: Tritium im Sickerwasser von Hausmülldeponien Baden-Württembergs, 1992



mehrere Angaben: bei Messungen von verschiedenen Deponiebereichen

zurückzuführen. Im Rheinniederungskanal bei Leopoldshafen, der dem Forschungszentrum Karlsruhe als Vorfluter dient, traten wegen der geringen Wasserführung stets die höchsten Werte auf. Sie bewegten sich über lange Jahre bei einigen Tausend Bq/l, sind aber in jüngster Zeit rückläufig. Dies geht einher mit dem Rückstau der einschlägigen Anlagen.

Trinkwasser wird in Baden-Württemberg überwiegend aus Grundwasser gewonnen. Dessen Tritiumgehalt bewegt sich in den zurückliegenden Jahren zwischen der meßtechnisch erkennbaren Konzentration von 6 Bq/l und dem Doppelten dieses Wertes. Auch die öffentlichen Wasserversorgungen in Ortschaften beim Kernforschungszentrum bewegen sich in diesem Bereich. Lediglich in einem Gebiet liegen dort die Wasserproben einiger Einzelwasserentnehmer um ein Vielfaches über dieser Konzentration. Es ist anzunehmen, daß die sporadisch auftretenden Tritiumgehalte von einigen hundert Bq/l auf Speichereffekte in dem komplexen Gewässersystem des Rheingrabens mit seinen Altrheinarmen beruhen.

An Standorten leuchtfarbenverarbeitender Industrie wird in Baden-Württemberg i.a. keine regelmäßige Immissionsüberwachung durchgeführt. Stichprobenhafte frühere Messungen wiesen jedoch die regelmäßige Beeinflussung bei Niederschlägen und Oberflächengewässern bis zum Mehrfachen des üblichen Pegels durch Tritium nach, das dort hauptsächlich über die Abluft freigesetzt wird.

Abfallbeseitigung und Überwachung von Deponien in der Schweiz

Die Beseitigung von radioaktiven Abfällen ist gemäß StSV [4] nur in geringen Mengen, mit einer entsprechenden Bewilligung und unter Kontrolle erlaubt, wobei die Aufsichtsbehörde Abgabegrenzwerte festlegen und eine Abgabebilanz sowie eine Umgebungs-

überwachung verlangen kann. Luftgetragene oder flüssige radioaktive Abfälle dürfen nur über die Abluft an die Atmosphäre bzw. über das Abwasser an die Oberflächengewässer abgegeben werden. Dabei sind die Immissionsgrenzwerte der StSV einzuhalten. Feste radioaktive Abfälle sind gemäß StSV entsprechend zu konditionieren und an eine Sammelstelle abzuliefern. Biologische oder organisch-chemische radioaktive Abfälle, sofern sie keine anderen Radionuklide enthalten als Tritium, ^{14}C oder ^{35}S , dürfen mit Zustimmung der Aufsichtsbehörde verbrannt werden, sofern pro Woche Abfälle mit nicht mehr als 300 GBq (Tritium), bzw. 800 GBq (^{14}C als CO_2) oder 7 GBq (^{35}S) verarbeitet werden. Anfallende radioaktive Rückstände sind als radioaktiver Abfall zu behandeln. In den Jahren 1971 bis 1982 wurden Tritium-haltige Abfälle aus der Schweiz auch im Nordost-Atlantik versenkt.

Die Beseitigung von radioaktiven Abfällen in der Umwelt, z.B. auf Deponien ist somit gemäß der neuen StSV [4] nicht mehr erlaubt. In begründeten Einzelfällen kann die Aufsichtsbehörde dies jedoch erlauben. Für Tritium-haltige Abfälle nur, wenn die spezifische Aktivität 60 MBq/kg nicht übersteigt, und die Abfälle durch Vermischung mit inaktivem Material auf Konzentration unter 0,6 MBq/kg gebracht werden können. Auf zahlreichen Deponien sind jedoch heute noch Abfälle vorhanden, die in früheren Jahren dort beseitigt worden sind. Da Tritium über die Deponieentwässerung, d.h. die Drainagewässer in die Oberflächengewässer gelangen kann, wurden in den letzten Jahren viele Deponien entsprechend beprobt und teilweise recht hohe Werte gefunden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß es sich ausschließlich um geringe Wassermengen handelt, die beim Einleiten in Flüsse und Bäche entsprechend verdünnt und daher für Umwelt und Bevölkerung radiologisch keine Ge-

fährdung darstellen. Die Überwachungsmessungen werden weitergeführt.

Überwachung von Hausmülldeponien in Baden-Württemberg

Die Landesanstalt für Umweltschutz LfU [6] hat 1992 und 1993 bei 70 bzw. 58 Hausmülldeponien in Baden-Württemberg die Sickerwässer u.a. auf Tritium untersucht. Dabei wurden in Einzelfällen Konzentrationen bis 20.000 Bq/l festgestellt, wobei allerdings bei drei Vierteln der Proben die Tritium-Aktivität unter 50 Bq/l lag. Die Ergebnisse dieser Messungen sind auf Abb. 2 und 3 dargestellt. Die erhöhten Werte in Deponien sind auf örtliche Quellen zurückzuführen und haben ihre Ursache in der Verwendung von Tritium bei der Leuchtfarbenherstellung für Uhren und Instrumentenanzeigen. Die hohen Tritiumwerte bei Deponien im Einzugsbereich der traditionellen Uhren- und Leuchtfarbenindustrie in Baden-Württemberg (Raum Villingen-Schwenningen, Pforzheim) legen nahe, daß die dort in der Vergangenheit übliche, verstärkte Anwendung von Tritium einen großen Beitrag zu der heute beobachteten Sickerwasserbelastung liefert. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß es sich hier um sehr geringe Wassermengen handelt, die zudem in Kläranlagen eingeleitet und mit dem sonstigen Abwasser verdünnt werden. Dies führt dazu, daß von den Deponiewässern praktisch keine Anhebung der Tritiumgehalte der Vorfluter ausgeht. Selbst die höchsten in Deponiesickerwässern gemessenen Werte liegen deutlich unter der Grenze von 30.000 Bq/l, die von bestimmten Anlagen genehmigungsfrei abgegeben werden dürfen. Radiologisch sind die in den Sickerwässern gefundenen Werte nicht bedeutend, da Tritium zu den Radionukliden mit geringer Radiotoxizität gehört. Die Wiederholungsmessungen im Jahr 1993 zeigen

gegenüber den Meßergebnissen von 1992 teilweise sehr hohe Schwankungsbereiche auch bei einzelnen Deponien. Dies zeigt, daß der Tritiumgehalt der Sickerwässer u.a. auch von den Niederschlagsmengen, vom Alter und Zustand der Deponie und von den Wegen der Sickerwässer innerhalb der Deponien abhängt. Aufgrund dieser Messungen ist es daher nicht möglich, auf das Gesamtinventar an Tritium im Deponiekörper zu schließen.

Zwischenfälle mit Tritium in der Schweiz [1]

Bei einer Firma in Volketswil/ZH ereignete sich am 13./14. Dezember 1983 ein Zwischenfall, bei dem rund 19 TBq Tritium über die Kanalisation in die Kläranlage und hernach über die Glatt in den Rhein gelangten. Dies führte in den Gewässern und z.T. auch im Grundwasser kurzzeitig zu erhöhten Tritiumwerten, die im Verlauf von einigen Wochen wieder abklangen. Die Maximalwerte lagen in der Glatt bei 5.500 Bq/Liter, im Grund- und Trinkwasser bis gegen 120 Bq/l. Eine Dosisberechnung für die Bevölkerung in der Nahumgebung ergab einen konservativen Schätzwert von weniger als 0,01 mSv. Bei einem anderen Zwischenfall in der Pilotverbrennungsanlage für radioaktive Abfälle des Paul-Scherrer-Institutes in Villigen/AG wurde - wegen ungenügend deklarierter Abfallgebände - im März 1994 4,35 TBq Tritium über die Abluft freigesetzt. Daraus ergab sich unter ungünstigsten Annahmen für die Bevölkerung in der Nahumgebung eine Dosis von 0,005 mSv. ■

Korrektur
In Heft 2/95, Fachbeitrag „Die Dosisrelevanz einzelner Expositionspfade“ von H. Völkle, ist auf der Seite 35, Abbildung 6 eine falsche Tabelle gezeigt. Hier ist die richtige Tabelle. Die Schriftleitung entschuldigt sich für das Versehen.

STICHWORTE

Tritium, Umwelt, Altlasten

LITERATUR

- [1] Jahresberichte der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (bis 1988) und Jahresberichte des Bundesamtes für Gesundheitswesen (ab 1989) zu «Umweltradioaktivität und Strahlendosen der Bevölkerung in der Schweiz», BAG, Bern.
- [2] «TRITIUM» von A. Fiege, KfK-Bericht Nr. 5055; Juli 1992; Forschungszentrum Karlsruhe.
- [3] Sources and Effects of Ionizing Radiation; United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR 1993), United Nations Vienna, 1993.
- [4] Schweizerische Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. 3. 1994.
- [5] Schweizerische Verordnung über die Radioaktivität von Uhren vom 8. 2. 1984.
- [6] «Radioaktivität in Baden-Württemberg», Jahresberichte 1992 und 1993 der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg LfU, Karlsruhe.



AUTOR (SCHWEIZ)
 Dr. rer. nat. Hansruedi Völkle, geb. 1946, Studium der Experimentalphysik (Kernphysik) an der Universität Fribourg, Diplom

1973; Promotion zum Dr. rer. nat. 1980. Ab 1974 wissenschaftlicher Mitarbeiter, ab 1983 Leiter der Sektion Überwachung der Radioaktivität BfG in Fribourg und Verantwortlicher für die jährlichen Berichte zur Umweltradioaktivität der Schweiz.

ANSCHRIFT DES AUTORS

Dr. H. Völkle, Bundesamt für Gesundheitswesen BAG, Sektion Überwachung der Radioaktivität, Rue du Musée 3, CH-1700 Fribourg, Schweiz

AUTOREN (DEUTSCHLAND)



Dipl.-Phys. Alfred Neu, geb. 1947, Studium der Physik an der Universität Karlsruhe; seit 1971 im Referat „Strahlenschutz“ der amtlichen Meßstelle des Landes Baden-Württemberg. Seit 1990 Sachgebietsleiter bei der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, zuständig für die Umgebungsüberwachung bei kerntechnischen Anlagen und Leiter der unabhängigen Meßstelle.



Dipl.-Phys. Susanne Weimer, geb. 1955, Studium der Physik und Astronomie an der Universität Tübingen, Diplom 1982. Aufbaustudium Umweltschutztechnik an der TU München. Ab 1986 am Institut für Strahlenhygiene des damaligen Bundesgesundheitsamtes. Ab 1988 im Umweltministerium Baden-Württemberg und seit 1990 bei der Landesanstalt für Umweltschutz im Referat Strahlenschutz, zuständig für die Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität.

ANSCHRIFT DER AUTOREN

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Abt. „Luft, Strahlenschutz, Lärm, Arbeitsschutz“
 Hertzstr. 173, 76187 Karlsruhe

| | Abgabepfad | Belastungspfad | Genehmigungswerte | | tatsächliche Abgabewerte von 1991 | |
|-----------|------------------------------------|--|-------------------|--------|-----------------------------------|----------|
| | | | nSv/Jahr | in % | nSv/Jahr | in % |
| Ab-luft | Edelgase | Wolkenstrahlung | 15.400 | 30,33 | 152 | 12,66 |
| | | Aerosole | 2,5 | 0,0049 | 0,00065 | 0,000054 |
| | Aerosole | Bodenstrahlung | 13.000 | 25,6 | 4,3 | 0,36 |
| | | Inhalation | 74 | 0,15 | 0,013 | 0,0011 |
| | | Ingestion Milch Ingestion landw. Prod. Ingestion Fleisch | 11.000 | 21,66 | 4,3 | 0,36 |
| | Jod | Inhalation | 5,7 | 0,01 | 0,013 | 0,0011 |
| Ingestion | | 340 | 0,67 | 0,85 | 0,071 | |
| Ab-wasser | Spalt- + Akt.-Produkte und Tritium | Ingestion landw. Prod. | 2.500 | 4,92 | 1.000 | 83,3 |
| | | Trinkwasser | 460 | 0,91 | 2,12 | 0,18 |
| | | Ingestion Fisch | 8.000 | 15,75 | 36,8 | 3,07 |
| | | Summe | 50.780 | 100 | 1.200 | 100 |

Radioaktiver Abfall: Rezyklieren oder entsorgen?

AUTOR

Bodo Krebs

ZUSAMMENFASSUNG

In zunehmendem Maße werden die Zwischenlagerkapazitäten für Abfallstoffe aus den Kernkraftwerken für nachfolgende Abfälle frei gemacht. Hier kommen Mengen von etwa 20 bis 30 Mg/a zum Freimessen. In der Diskussion um die Freimessung rückt immer mehr die besondere Technik der Freimessung bei der Stilllegung kerntechnischer Einrichtungen in den Vordergrund, wobei Mengen in der Größenordnung um 200.000 Mg/15a zu bewältigen sind. Es stellt sich dabei die Frage, ob bei den gegebenen Grenzwerten eine Freimessung überhaupt noch wirtschaftlich ist. Die jüngsten Studien und Geräteentwicklungen auf diesem Gebiet als auch die zu erwartenden Endlagerkapazitäten lassen keinen anderen Schluß zu als den, daß eine Freimessung nicht nur erforderlich sein wird, sondern auch wirtschaftlich ist.

ABSTRACT

Intermediate storage capacities for radioactive waste of nuclear power plants have to be cleared increasingly to make space for ever more residues. Amounts of 20 to 30 tons per year have to be monitored before they are released. Release measurements are discussed also with regard to special techniques to be used for amounts of 1.000 tons per year resulting from decommissioning of plants. One of the main questions is the economy of release measurements. However, the latest studies and developments suggest that release measurements will not only be necessary but financially rewarding at the same time.

■ Auch aufwendige Freimessungen können wirtschaftlich sein

In den nächsten Jahren werden an Abfallstoffen aus laufenden Kernkraftwerken und als Folge der Stilllegung kerntechnischer Einrichtungen große Mengen an möglicherweise radioaktivem Material auf uns zukommen. Soviel wie möglich von diesem Material zu rezyklieren, entlastet die Zwischen- und Endlager und dient dem sparsamen Umgang mit Rohstoffen. Die Entscheidung, ob rezykliert werden kann, hängt vom Ergebnis einer zuverlässigen Freimessung ab. Der folgende Beitrag untersucht diese Situation und kommt zu dem Schluß, daß Freimessungen nicht nur erforderlich, sondern auch wirtschaftlich sind.

Sichere Entsorgung als Verantwortung der EVU

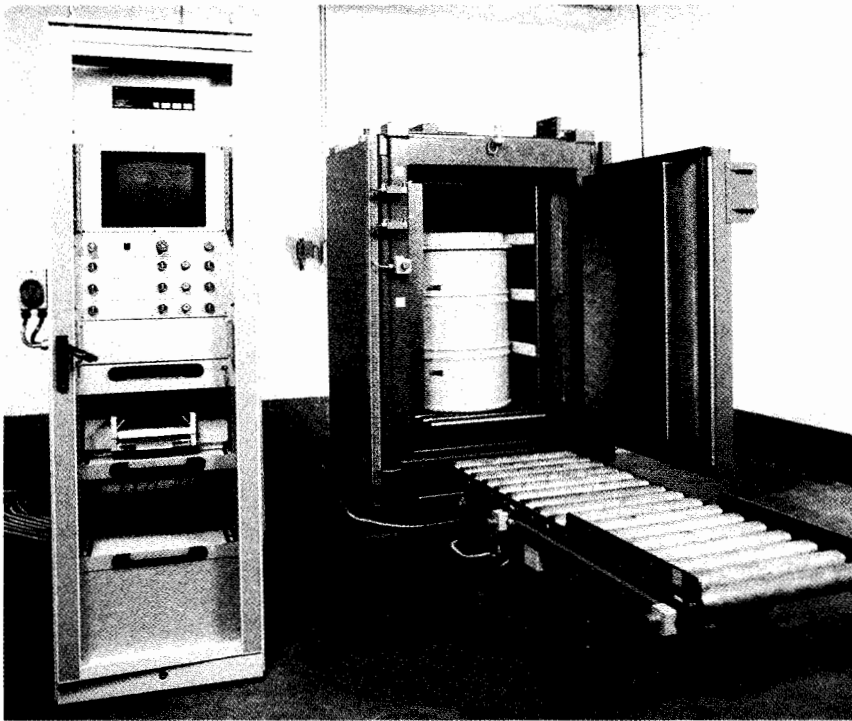
Die Verantwortung der Energieversorgungsunternehmen (EVU) geht über die Betriebszeit einer Anlage hinaus. Sie erstreckt sich auch auf die sichere Entsorgung der beim Betrieb anfallenden Abfälle bzw. Reststoffe und auf den sicheren Rückbau der Anlage, welcher in einer Zeit von nicht weniger als 10 bis 25 Jahren vollzogen werden kann.

Nach dem Atomgesetz (§ 9a) hat der Betreiber einer kerntechnischen Anlage auch während der Stilllegung dafür zu sorgen, daß radioaktive Abfälle entweder schadlos verwertet oder gesondert beseitigt werden. Da-

bei ist er aufgefordert, den radioaktiven Anteil von vornherein so gering wie möglich zu halten. Eine wichtige Option für die Beseitigung radioaktiver Abfälle ist die Einlagerung in Endlager.

Auf dem Gebiet der alten Bundesländer steht noch kein Endlager zur Verfügung, in den neuen Bundesländern kann das Endlager Morsleben für nicht-wärmeentwickelnde Abfälle genutzt werden. Um aber mittelfristig mit den Endlagerkapazitäten auszukommen, ist das Endlager Konrad unabdingbar.

Auch mit Konrad wird die Kapazität der Endlager aber nur dann ausreichend sein, wenn der größte Teil der Abfallmengen als nicht radioaktiver



Abfall behandelt werden darf. Nur ca. 6% der Gesamtmasse müßten aufgrund ihres Aktivitätsinventars in ein Endlager verbracht werden. Um aus einer Abfallmenge diesen Anteil herauszufinden, sind teilweise umfangreiche Radioaktivitätsmessungen erforderlich.

Häufig sind diese Messungen aufgrund der sehr niedrigen Grenzwerte mit einem erheblichen Personalaufwand verbunden, so daß sich die Frage stellt, ob es überhaupt noch wirtschaftlich ist, diesen Weg zu beschreiten. Die knappen Deponekapazitäten und die Notwendigkeit, radioaktive Abfälle gering zu halten, führen zwangsläufig dazu, daß eine Freimessung des von künstlicher Aktivität freien Materials vorgenommen werden muß.

H 13640 - Freigabemeßplatz (RADOS Technology)

Reinigung und Instandhaltung radioaktiv kontaminierter Schutzkleidung bedeuten beim Betrieb von Nuklearanlagen Sicherheit und Kosten. Jetzt können Sie in Sicherheit investieren und

Geld sparen. Mit unserem Know-how, das wir als USA-Marktführer für protection clothing services erworben haben. Unser Dienstleistungs-

angebot reicht vom externen Wäscheservice bis zum Leasing Ihres gesamten Schutzkleidungsbedarfs inkl. Pflege, Instandhaltung und Entsorgung. Für unsere High Tech-

wurde jetzt die Betriebsgenehmigung erteilt. Konzentrieren Sie sich also auf Ihre

eigentlichen Kompetenzen und überlassen Sie uns die schmutzigen Geschäfte unter:

Tel.: D+49/2639/1515 Fax D+49/2639/1670, Tel.: NL+31/5240/12911 Fax NL+31/5240/12631

Wäscherei

SERVICE FÜR KONTAMINATIONS-SCHUTZKLEIDUNG

Euro Nuclear Services B.V. Postbus 322 NL-7740 AH Coevorden

Richtlinien für die Freimessung

In der Vergangenheit beschränkte sich die Freimessung, d.h. die Entlassung von Reststoffen aus dem atomrechtlichen Genehmigungsbereich, auf Mengen von einigen 10 Mg pro Jahr und pro Anlage. Durch den Rückbau kerntechnischer Anlagen ist in den kommenden Jahren mit Reststoffmengen in der Größenordnung von einigen 10.000 Mg pro Jahr und Anlage zu rechnen. Während einige Mg noch mit überschaubarem Personalaufwand entsprechend der Strahlenschutzverordnung durch Handmessungen freigemessen werden können, lassen sich bereits schon einige 10 Mg nicht mehr auf diese Weise freimessen, so daß Geräte erforderlich sind, die größere Mengen schnell und zuverlässig freimessen können.

Die politische Situation in der Bundesrepublik ist nicht dazu geeignet, dieses Thema nur in Zusammenhang von Risiko- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sachorientiert zu diskutieren. Die augenblickliche Situation ist vielmehr die, daß von Bundesland zu Bundesland unterschiedliche Grenzwerte existieren. Belastbare Richtlinien existieren nur für Metallabfall in Form einer SSK-Empfehlung. Für andere Materialien werden ähnliche Grenzwerte herangezogen, die aber in noch stärkerem Maße regionalen Einflüssen unterliegen.

Insbesondere die Frage nach den Mittlungsmassen und -flächen sowie die Beurteilung der radiologischen Relevanz der beteiligten Nuklide führt zu kontroversen Diskussionen, die nur in enger Zusammenarbeit der Aufsichts- und Genehmigungsbehörden und der Gerätehersteller zu einer befriedigenden Lösung führen können.

Methoden der Freimessung

Die Gerätehersteller sind neben der innovativen Weiterentwicklung bestehender Systeme zunehmend aufgefordert, offene Fragen der Genehmi-

gungsverfahren für diese Freimeßtechnik mit dem Betreiber kooperativ zu beantworten.

So ist es mit modernen Freimeßanlagen möglich geworden, für Meßchargen bis zu 1.000 kg schnell und zuverlässig zu bestimmen, ob die massen- und oberflächenspezifischen Grenzwerte eingehalten werden. Die Abbildung zeigt ein Beispiel eines solchen Meßplatzes.

Als besonders schnell und wirtschaftlich und insbesondere auch zuverlässig hat sich dabei die Methode der Gesamt-Gamma-Messung herausgestellt, bei der in einer 4π -nahen Geometrie die Gesamt-Gamma-Aktivität der Reststoffe bestimmt wird. Durch geeignete Kalibrieren läßt sich auch unter Einhaltung aller nötigen Konservatismen sicher auf das tatsächliche Aktivitätsinventar schließen. Die Meßzeiten gemäß DIN 25482 liegen dabei innerhalb von 10 bis 120 Sekunden. Spektroskopische Messungen können die Freimessung nur flankieren, nicht aber ersetzen.

Bei sorgfältiger Vorarbeit ist eine Aus-sortierungsrate für die bedingungslose Verwendung von Reststoffen von durchaus 60 bis 70 % erreichbar. D.h. unter anderem, daß die Kosten für die Beseitigung der Reststoffe um ca. 15 bis 25 % reduzierbar sind und gleichzeitig eine Volumenminderung der radioaktiven Abfallmengen um die zuvor genannten 60 bis 70 % zu erwarten ist. Bei geeigneter Vorsortierung läßt sich die Aussortiertrate bis auf ca. 80 % erhöhen, wobei hier die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erheblich genauer durchgeführt werden müssen, sofern große Abfallströme, wie sie bei der Stilllegung anfallen, zu betrachten sind.

Da in absehbarer Zeit auch mit entsprechenden DIN-Vorschriften zu rechnen ist, bleibt eine gewisse Hoffnung, daß eine Vereinheitlichung der einzuhaltenden Grenzwerte für das gesamte Bundesgebiet möglich wird, was sowohl den Geräteherstellern als auch

den Betreibern - auch der Volkswirtschaft und nicht zuletzt der Sicherheit der Bevölkerung - zugute kommen wird. Hält diese Tendenz an, kann die als Überschrift dieses Beitrages gestellte Frage klar beantwortet werden: Radioaktiver Abfall muß entsorgt werden, aber er muß durch die entsprechenden Mittel so klein wie möglich gehalten werden, womit der Pfad der Rezyklisierung für den größeren Teil des Abfalls aus kerntechnischen Anlagen beschriftet werden sollte. ■

STICHWORTE

Radioaktive Reststoffe,
Lagerung, Freimessung



AUTOR

Dr. Bodo Krebs, geb. 1961, studierte an der Universität Hamburg Physik. In der Forschungseinrichtung DESY fertigte er seine Promotion in Physik zum Thema

„Quellenkalibration eines Großkalorimeters“ an. Als Experimentalphysiker war er bis 1993 als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Hamburg tätig.

Seit Herbst 1993 leitet er die Entwicklungsabteilung der Firma RADOS Technology GmbH in Hamburg.

ANSCHRIFT DES AUTORS

Dr. Bodo Krebs
RADOS Technology GmbH
- Entwicklungsleitung -
Ruhrstraße 49
22761 Hamburg

**AUTOREN**

Silvia Diabaté
Siegfried Strack

ZUSAMMENFASSUNG

Die Aufnahme von Tritium in ernährungsrelevanten Pflanzen, wie z.B. Weizen (*Triticum aestivum*) wird im Rahmen der Sicherheitsbetrachtungen für die zukünftige Fusionstechnologie untersucht. Ziel der Arbeiten ist eine mathematische Beschreibung der Tritiumaufnahme ins Gewebewasser, des Einbaus in die organische Substanz und der Kinetik der Tritiumkonzentrationen bis zur Ernte, um die resultierende Ingestionsdosis voraussagen zu können. Das entwickelte Modell wurde mit im Freiland gemessenen Wachstumsdaten und pflanzenphysiologischen Daten getestet und mit Ergebnissen aus Laborexperimenten kalibriert.

SUMMARY

The incorporation of tritium into diet relevant plants, e.g. wheat (*Triticum aestivum*), is studied in the frame of safety considerations for future fusion technology. Aim of the work is a mathematical description of the tritium uptake into tissue water, incorporation into organic matter and the kinetics of the tritium concentrations until harvest in order to estimate the resulting ingestion dose. The developed model was fitted with in-field growth and physiological data and calibrated with results of laboratory experiments.

Strahlenschutzrelevanz von Tritium

Tritium, das radioaktive Isotop des Wasserstoffs, ist ein natürlicher Bestandteil unserer Umwelt. Seine Anwendung liegt in industriellen, wissenschaftlichen und militärischen Bereichen, und in absehbarer Zukunft wird es als Brennstoff bei der Energieerzeugung durch Fusionsreaktoren eine Schlüsselrolle spielen. Während das Tritium aus Kernkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen vom Standpunkt des Strahlenschutzes nur eine untergeordnete Rolle spielt, steht das Tritium bei Strahlenschutzbetrachtungen zur Kernfusion im Mittelpunkt [1,2]. Für technische Anlagen wie z.B. das Tritiumlabor Karlsruhe (TLK), in de-

Tritium, Umwelt, Mensch

Aufnahme von Tritium in Weizen: Experimente und Modellrechnungen

Man könnte glauben, bei der Radioökologie des Tritiums gäbe es mittlerweile nicht mehr viel zu forschen; und man könnte weiterhin glauben, daß infolge der Rezession der Wiederaufarbeitung Tritium in der Umwelt für die Strahlenexposition des Menschen jetzt und in Zukunft keine wesentliche Rolle spielt. Beides wäre falsch. Die Aufnahme von Tritium in Pflanzen aus der Luft ist in starkem Maße von externen Parametern wie Licht, Temperatur und Feuchtigkeit abhängig; dieser Zusammenhang ist noch wenig untersucht. Und im Hinblick auf die Kernfusion mit ihrem hohen Tritiuminventar wird schon heute in Forschungslabors mit fusionsrelevanten Tritiummengen umgegangen. Der nachfolgende Aufsatz zeigt Stand und Ziele der Tritium-Ökologieforschung im Forschungszentrum Karlsruhe.

nen mit Tritium in fusionsrelevanten Mengen umgegangen wird, muß die Strahlenexposition für die in der Umgebung lebenden Menschen abgeschätzt werden. Dazu muß auch das Verhalten von Tritium im Boden und in Pflanzen, insbesondere die Aufnahme in Nahrungs- und Futterpflanzen, nach Emissionen im Normalbetrieb und nach einem Störfall nach dem neuesten Kenntnisstand berücksichtigt werden. In den letzten Jahren wurde auch die Bedeutung des organisch gebundenen Tritiums für die Dosisberechnung erkannt und in einer ICRP-Empfehlung berücksichtigt [3]. In sehr weit entwickelten Modellen, wie z.B. dem Unfallfolgenmodell für Tritium „UFOTRI“, wird diese Empfehlung

bereits verwirklicht [4]. Für eine weitere Verbesserung dieses Modells werden die experimentellen Daten, die in diesem Artikel vorgestellt werden, benötigt.

Die Tritiumemissionen aus einem Fusionsreaktor oder einer tritiumverarbeitenden Anlage bestehen hauptsächlich aus Tritiumgas (HT), Tritiumwasser oder -wasserdampf (HTO). Vom Menschen kann Tritium durch Inhalation, Hautabsorption oder Ingestion von kontaminierten Nahrungsmitteln oder Flüssigkeiten aufgenommen werden. Für konservative Dosisabschätzungen wird angenommen, daß Tritium in Form von HTO emittiert wird, das bei Inhalation um vier Größenordnungen radiotoxischer als HT ist. Organisch

gebundenes Tritium entsteht bei Stoffwechselreaktionen mit HTO in allen Lebewesen. Parameterstudien mit dem Unfallfolgenmodell für Tritium „UFOTRI“ haben gezeigt, daß die Ingestionsdosis bei Berücksichtigung des organisch gebundenen Tritiums 4- bis 23 mal höher sein kann als die Dosis infolge Inhalation und Hautabsorption, je nach Wetterbedingungen während und nach einer Freisetzung von HTO in die Atmosphäre [5].

Aufnahme von Tritium in Pflanzen

Terrestrische Pflanzen nehmen Wasser aus dem Boden auf und leiten es zu den Blättern, wo es durch die Blattöffnungen (Stomata) an die Atmosphäre abgegeben wird. Treibende Kraft der Transpiration ist das Wasserdampfdruckdefizit der Luft gegenüber dem hohen Wasserdampfdruck in den substomatären Atemhöhlen der Blätter, deren Zellwände mit einem dünnen Wasserfilm belegt sind. Es wird angenommen, daß die Luftfeuchtigkeit in den substomatären Atemhöhlen nahezu 100 % beträgt. Tritiiertes Wasserdampf in der Atmosphäre wird hauptsächlich von den Blättern aufgenommen, da sie die meisten Spaltöffnungen besitzen. Die wachsartige Epidermis ist für Wasserdampf schwer durchgängig. Die Öffnungsweite der Stomata variiert jedoch in Abhängigkeit von Licht, Temperatur und von der Wasserversorgung. Die Diffusion der HTO-Moleküle von der Atmosphäre in das Blattinnere erfolgt entsprechend dem Gefälle zwischen der HTO-Konzentration in der Atmosphäre und in den substomatären Atemhöhlen, obwohl der Wasserdampfdruckgradient entgegengesetzt gerichtet ist. Nach der Diffusion durch die Stomata löst sich das HTO in dem Wasserfilm, der die Zelloberflächen in den substomatären Atemhöhlen umgibt, und verteilt sich im Gewebewasser. Die Kinetik der HTO-Aufnahme ist in [6] beschrieben. Wenn HTO z.B. durch Re-

gen in den Boden gelangt und über die Wurzeln aufgenommen wird, muß die Tritiumkonzentration im Gewebewasser der Blätter gewichtet aus dem Bodenanteil und dem Atmosphärenanteil berechnet werden. Anhand von Parameterstudien mit UFOTRI konnte jedoch gezeigt werden, daß bei der Berechnung der Ingestionsdosis die direkte Aufnahme des HTO über die Blätter gegenüber der Wurzelaufnahme dominiert [7].

Einbau von Tritium in die organische Substanz

Durch eine Reihe von Stoffwechselprozessen wird Tritium, das sich im Gewebewasser befindet, in organisches Material eingebaut, wobei die Photosynthese eine große Rolle spielt. Die Prozesse, die zur Bildung von organisch gebundenem Tritium (OBT = organically bound tritium) führen, sind neben der Photosynthese auch Reaktionen des Trikarbonsäurezyklus und andere Reaktionen, die unabhängig vom Licht stattfinden [8]. Bei der Photosynthese gebildete Assimilate werden temporär als Stärke in den Chloroplasten gespeichert. Diese Stärke wird wieder abgebaut, in Saccharose umgewandelt und abtransportiert, wenn an einem anderen Ort der Pflanze Bedarf an Assimilaten besteht, z.B. an wachsenden Teilen oder in Speicherorganen. Tritium, das in funktionellen Gruppen wie Hydroxyl- oder Aminogruppen gegen Wasserstoff ausgetauscht wurde, geht wieder verloren, wenn die Tritiumkonzentration im Gewebewasser sinkt. Wird Tritium dagegen kovalent an Kohlenstoff gebunden, ist es nicht mehr austauschbar und hat damit eine längere Verweilzeit. Der Begriff OBT wird in dieser Arbeit nur im Sinne von nichtaustauschbar gebundenem Tritium verwendet.

Expositionsexperimente mit Weizen

Als Modellpflanze wurde Weizen aus-

gewählt, weil aus den Körnern unsere wichtigsten Grundnahrungsmittel hergestellt werden. Angezogen in Töpfen wurden die Pflanzen zwischen Blütebeginn (Ende Mai bis Anfang Juni) und Einsetzen der Seneszenz (Anfang Juli) mit HTO in der Atmosphäre exponiert. Dieser Zeitraum wurde gewählt, weil der Hauptteil der Assimilate für das Kornwachstum in dieser Zeit produziert und eingelagert wird. Geerntet wurde Mitte bis Ende Juli. Bei der Exposition in einer Plexiglasbox wurden sowohl Tages- als auch Nachtbedingungen simuliert [9]. Am Tag betrug die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR = photosynthetic active radiation) $120 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ (= 9.000 lux) in Höhe der Fahnenblätter, der obersten Blätter bei Weizen, bzw. $900 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ bei Verwendung von Zusatzlampen. In die Plexiglasbox wurde jeweils 2 Stunden lang HTO-Dampf eingeleitet. Die HTO-Konzentration in der Atmosphäre erreichte im Maximum 2 - 6 kBq/l Luft (entsprechend 100 - 350 kBq/ml Luftfeuchte). In den Pflanzenproben wurde die Tritiumkonzentration des Gewebewassers, das durch Gefriergetrocknung entzogen wurde, durch Flüssigszintillationsspektrometrie gemessen. Die getrockneten Pflanzenproben wurden homogenisiert und einem Strom tritiumfreier feuchter Luft ausgesetzt, um das austauschbare Tritium des organischen Materials zu entfernen. Bei Proben mit niedriger HTO-Konzentration ist das austauschbare Tritium schon nach 5 - 6 Tagen entfernt, Proben mit sehr hoher HTO-Konzentration, d.h. vom Tag der Exposition, müssen mindestens 14 Tage behandelt werden. Nach erneuter Trocknung wurde der Tritiumgehalt der Proben durch Verbrennungsanalyse bestimmt. Die OBT-Konzentration wurde als spezifische Aktivität in Bq/g Trockensubstanz gemessen. Eine Angabe in Bq/ml Oxidationswasser erlaubt jedoch einen direkten Vergleich mit der HTO-Konzentration im Gewebewasser. Dafür erfolgte eine Umrech-

| Pflanzenteile | Prozentuales Konzentrationsverhältnis $\text{HTO}_{\text{Gew}} / \text{HTO}_{\text{Atm}} (\pm 1\sigma)$ nach 2 Stunden | | |
|---------------|--|--|--------------------------------------|
| | nach Exposition bei $120 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ | nach Exposition bei $900 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ | nach Exposition bei Nachtbedingungen |
| Blätter | $75 \pm 5 \%$ | $86 \pm 2 \%$ | $20 \pm 7 \%$ |
| Stengel | $10 \pm 4 \%$ | $12 \pm 4 \%$ | $3 \pm 1 \%$ |
| Ähre | $17 \pm 7 \%$ | $22 \pm 8 \%$ | $13 \pm 5 \%$ |

Tabelle 1: Vergleich der mittleren prozentualen Konzentrationsverhältnisse $\text{HTO}_{\text{Gew}}/\text{HTO}_{\text{Atm}}$ in Weizenpflanzen bei verschiedenen Lichtverhältnissen 2 Stunden nach Beginn der Exposition (Temperaturen 24°C am Tag, 16°C in der Nacht, relative Luftfeuchte 82 - 90%).

nung unter der Annahme, daß bei der Verbrennung von 1 g Trockensubstanz 0,6 ml Oxidationswasser entstehen, entsprechend einem mittleren Wasserstoffgehalt von 6,3 % der Trockenmasse.

Experimentelle Ergebnisse Aufnahme von HTO der Atmosphäre ins Gewebewasser

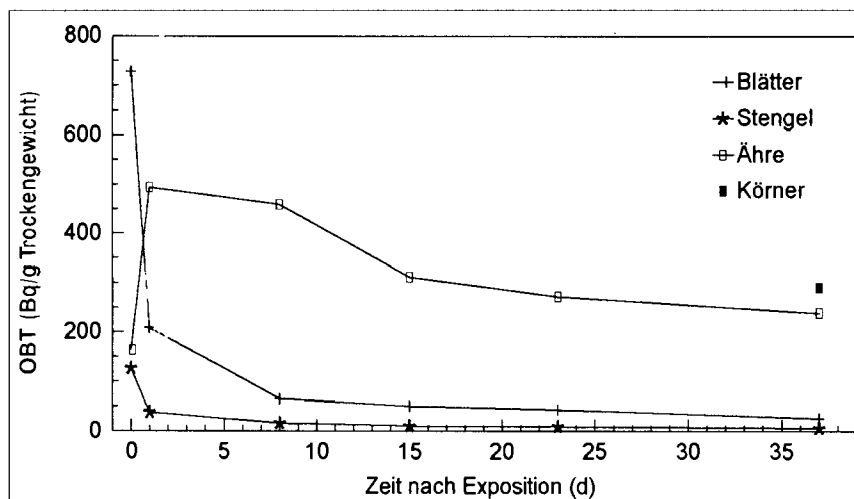
Die Tritiumaufnahme ins Gewebewasser läßt sich durch das Verhältnis der Tritiumkonzentration im Gewebewasser (HTO_{Gew}) zur Tritiumkonzentration in der Luftfeuchte (HTO_{Atm}) beschreiben (Tab. 1). Die Aufnahme war in den Blättern am höchsten, weil diese mehr Spaltöffnungen besitzen als Stengel

und Ähren. Sie läßt sich durch Verwendung von Zusatzlampen steigern, weil bei höherer Lichtintensität der Öffnungsgrad der Stomata erhöht wird. Unter Nachtbedingungen betrug das Verhältnis bei Blättern nur 20 %, d.h. die Stomata schließen in der Nacht, jedoch nicht vollständig. Möglicherweise erfolgt auch eine Aufnahme über die Epidermis. Bei Stengeln und Ähren war das Verhältnis entsprechend niedriger. Nach der Exposition fiel die HTO -Konzentration in den Blättern relativ schnell auf niedrige Werte entsprechend der HTO -Konzentration in der Umgebungsluft, in Stengeln und Ähren etwas langsamer.

Bildung von OBT

Ein Beispiel für den Verlauf der OBT-Konzentrationen in verschiedenen Pflanzenteilen ist in Abbildung 1 dargestellt. In den Blättern war die OBT-Konzentration während der Exposition ca. 4 mal höher als in Stengeln und Ähren. Nach der Exposition fiel sie in den Blättern und Stengeln; in Ähren dagegen stieg sie an und fiel bis zur Ernte nur geringfügig ab. Die Weizenpflanzen befanden sich bereits in der Kornfüllungsperiode, so daß ein Teil des in den Blättern gebildeten OBT in die Körner transportiert wurde. Die OBT-Konzentration in den Körnern lag zur Ernte sogar etwas höher als in der Gesamtähre. Um den Einbau von OBT in die Körner für einfache Abschätzungen zu quantifizieren, wurde das Verhältnis zwischen der OBT-Konzentration in den Körnern zur Ernte und der maximalen HTO -Konzentration in den Blättern während der Exposition berechnet. Das Verhältnis lag unter 0,1 %, wenn die Exposition vor Beginn der Wachstumsphase der Körner (Kornfüllungsperiode) stattfand, d.h. bis ca. 6 Tage nach Blütebeginn (Mitte Juni). In den folgenden zwei Wochen, während der Wachstumsperiode des Korns, steigt es bis auf ein Maximum von ca. 1 % und sinkt wieder auf Werte von ca. 0,4 % bei Beginn der Seneszenz (Anfang Juli). Der Zeitpunkt der Exposition ist somit von großer Bedeutung für die Einlagerung von OBT in die Körner. Bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen zeigte sich kein signifikanter Unterschied bei der OBT-Bildung in den Blättern, und der Unterschied zwischen Tag und Nacht war nur geringfügig. Das deutet darauf hin, daß die Photosynthese eine geringere Rolle für die OBT-Bildung spielt als bisher angenommen. Die Stoffwechselreaktionen, die sowohl im Licht als auch im Dunkeln stattfinden, wirken sich offensichtlich doch stärker aus.

Abb. 1: Verlauf der OBT-Konzentrationen in Blättern, Stengeln und Ähren bei Weizenpflanzen, die 12 Tage nach Beginn der Blüte unter Tagesbedingungen ($120 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ PAR) mit HTO exponiert wurden. Die HTO -Konzentration der Blätter betrug 2 Stunden nach Expositionsbeginn $87 \text{ kBq}/\text{ml}$.



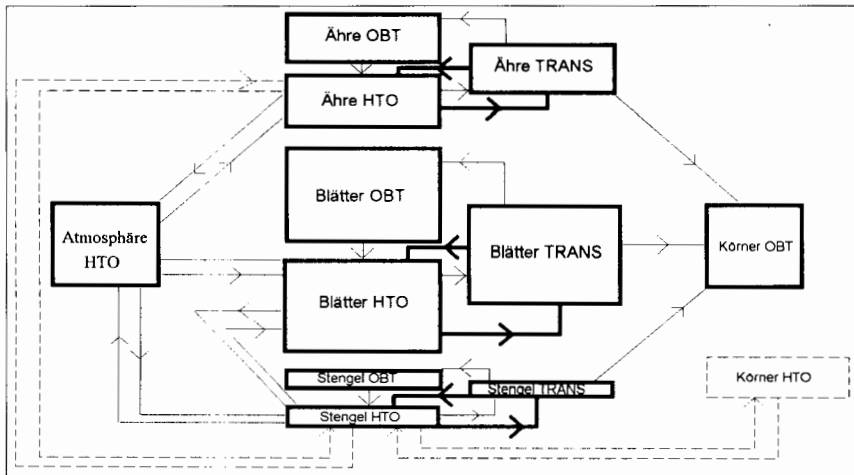


Abb. 2: Schematische Darstellung des Pflanzen-OBT-Modells: Die Größe der dargestellten Pflanzen-Kompartimente entspricht dem Beitrag, den die einzelnen Pflanzenteile zur organischen Substanz der Körner liefern. Die unterschiedlichen Linienstärken der Transferprozesse markieren Stoffwechselreaktionen, die nur im Licht stattfinden (→), die sowohl im Licht als auch im Dunkeln stattfinden (---) und solche mit sehr geringem Beitrag zur OBT-Translokation (····).

Das Pflanzen-OBT-Modell

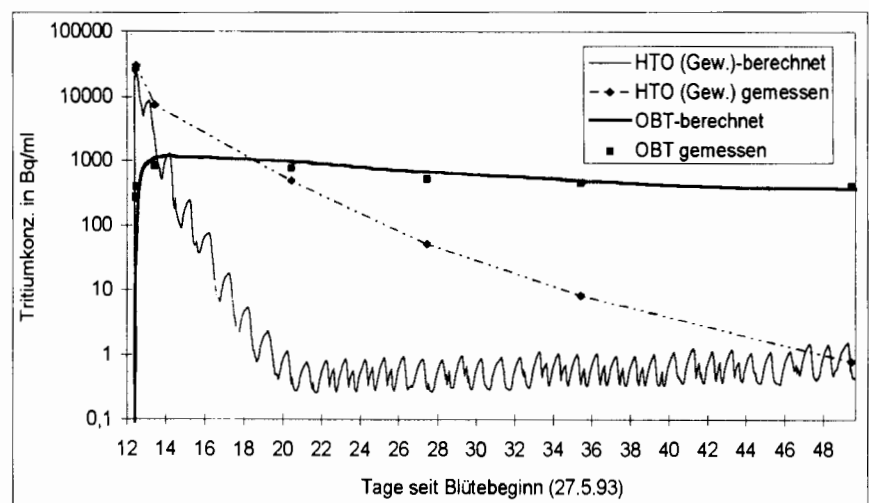
Für das Wachstum der Pflanzen gibt es zahlreiche Ansätze zur Modellierung, jedoch werden dafür in der Regel Parameter benötigt, die nicht allgemein zur Verfügung stehen, wie z.B. die Bodenbeschaffenheit. Bei der Entwicklung des Pflanzen-OBT-Modells stand deshalb der Zugriff auf allgemein zugängliche Daten, wie die Klimadaten Licht, Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit, im Vordergrund. Das zu entwickelnde Modell sollte ein dynamisches Modell sein, das in der Lage ist, die Hauptprozesse der OBT-Bildung, -Umsetzung, -Umverteilung und Speicherung in den Körnern von Weizenpflanzen zu beschreiben, und zwar nur mit Hilfe der oben erwähnten klimatischen Daten. Eine Tritiumaufnahme über den Boden wurde zunächst nicht berücksichtigt. Das Pflanzen-OBT-Modell (Abb. 2) besteht aus den Kompartimenten Atmosphäre (Quelle) und den drei gleich strukturierten Untereinheiten für die grünen Teile der Pflanze, die mit der Bildung von Assimilaten zum Kornwachstum während der generativen Phase beitragen: Ähre, Blatt und Stengel. Ihre jeweiligen Beiträge zur Bildung von

organischem Material im Korn wurden zunächst einmal mit 30 % (Ähre), 60 % (Blatt) und 10 % (Stengel) angenommen. Das Korn-OBT stellt hier eine Senke dar, in die OBT lediglich hineingeht. Zur mathematischen Beschreibung der Transportvorgänge wurde bei der Erstellung des Modells für alle drei Pflanzenteile jeweils ein fiktives Transport-Kompartiment eingefügt. Die Transferprozesse zwischen den HTO-Kompartimenten der Pflanze,

den OBT- und den „TRANS“-Kompartimenten stellen einerseits die lichtabhängigen Stoffwechselfvorgänge dar, wie Photosynthese und Lichtatmung, andererseits die lichtunabhängigen Reaktionen, wie Atmung und der sog. Grundumsatz. Mit der Bezeichnung Grundumsatz werden hier alle lichtunabhängigen Stoffwechselreaktionen zusammengefaßt, die zwar zur Bildung von OBT, jedoch nicht zu einer Gewichtszunahme wie bei der Photosynthese führen. Die Einbeziehung eines solchen Mechanismus in die modellmäßige Berechnung hatte sich vor allem durch die Beobachtungen bei den Nachtexperimenten als notwendig erwiesen. Trotz fehlenden Lichtes während der Exposition wurde ein signifikanter Tritiumeinbau gemessen (s.o.).

Die ersten Schritte bei der Kalibrierung des Modells gingen zunächst in Richtung einer Beschreibung des Wachstums der Pflanze und speziell der Körner. Die Photosyntheseleistung der Weizenpflanze, die mit einer zeitlichen Auflösung von einer Stunde in Abhängigkeit von den gemessenen und aufgezeichneten Klimadaten berechnet wurde, mußte zunächst so eingestellt werden, daß die berechnete Zunahme des Korngewichts bis zur

Abb. 3: Vergleich der gemessenen Gewebewasser- und OBT-Konzentrationen in der Ähre mit den berechneten Werten nach einer Exposition unter Tagesbedingungen (120 µmol/m²s PAR)



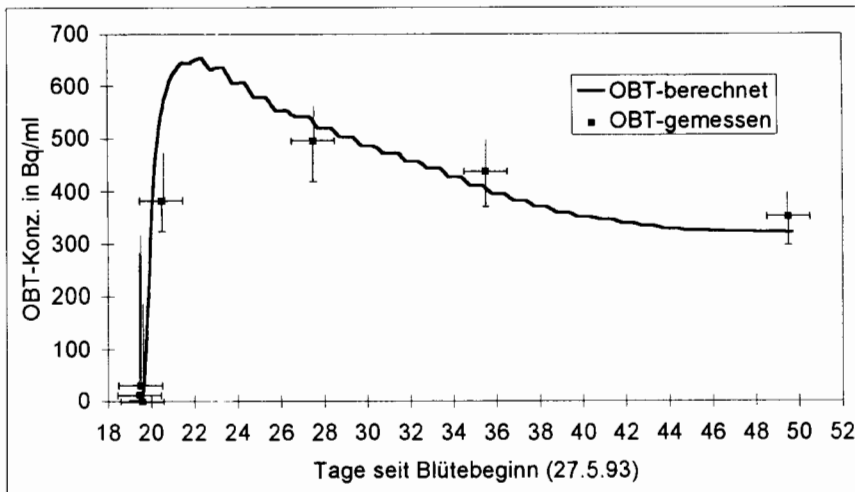


Abb. 4: Vergleich der gemessenen OBT-Konzentration in der Ähre mit den berechneten Werten nach einer Exposition unter Nachtbedingungen (lineare Darstellung). Die Meßwerte innerhalb der ersten 24 Stunden wurden korrigiert (siehe Text).

Ernte mit den im Feld ermittelten Daten befriedigend übereinstimmte. Im nächsten Schritt wurde die Berechnung mit der kurzzeitigen Tritiumexposition der Pflanzen über die Atmosphäre gekoppelt und so der Verlauf der Tritiumkonzentrationen im Gewebewasser der grünen Pflanzenteile ermittelt. Hier wirkt sich eine akzeptable Berechnung der Tritiumkonzentration im Gewebewasser vor allem der ersten Tage nach der Exposition auf die Berechnung der OBT-Werte signifikant aus. Bei der OBT-Bildung wird neben den oben erwähnten Prozessen noch eine Diskriminierung des Tritiums gegenüber dem normalen Wasserstoff infolge von Isotopieffekten berücksichtigt. Beim jetzigen Stand der Modellierung wird dieser mit einem Betrag von 30 % einbezogen, was etwa auch mit den experimentellen Beobachtungen einhergeht, die in der Literatur beschrieben wurden. Für die Kalibrierung des Modells wurden die Daten eines Jahrgangs verwendet, während die Daten der darauffolgenden Jahrgänge zur Validierung des Modells unabhängig vom Vorjahr verwendet werden.

Der Verlauf der HTO- und OBT-Konzentrationen in der Ähre nach einer Exposition unter Tagesbedingungen

ist in Abbildung 3 dargestellt. In der logarithmischen Darstellung der Meßwerte und der mit Hilfe des Modells berechneten Werte ist zu erken-

nen, daß die berechneten OBT-Konzentrationen gut die gemessenen Werte treffen. Die HTO-Konzentrationen im Gewebewasser werden nur in den ersten Stunden vom Modell zutreffend vorhergesagt. Das Modell berechnet jedoch einen schnelleren Abfall als er experimentell beobachtet wurde. Auf die Berechnung der OBT-Werte wirkt sich die spätere Abweichung allerdings nicht aus.

Bei der Modellentwicklung stand zunächst die richtige Abschätzung der OBT-Konzentrationen im Korn zum Zeitpunkt der Ernte im Vordergrund. Im Laufe der Arbeit stellte sich dann heraus, daß bei genauerer Betrachtung der Meßwerte in den ersten Stunden nach der Exposition die OBT-Werte in der Regel nicht den erwarteten Anstieg zeigen, wie ihn das Modell beschreibt. Statt dessen zeigen sie einen Abfall, der mit dem Ab-

**IHRE ANZEIGE
ODER
BEILAGE IN DER**

Strahlenschutz PRAXIS

ORGAN DES FACHVERBANDES FÜR STRAHLENSCHUTZ E.V.

betreut
Anke Krings
Telefon: 02203/91180-76
Fax: 02203/15411

Anzeigenschluß für Heft 4/95 ist am 4. Oktober 1995

fall der Tritiumkonzentration im Gewebewasser einhergeht. Eine genauere Analyse der Meßwerte ergab, daß die zu hohen Meßwerte der frühen OBT-Konzentrationen nur durch einen Rest von austauschbar gebundenem Tritium, das bei der Probenbehandlung nicht vollständig entfernt wurde, zu erklären ist. Da das austauschbar gebundene Tritium eng mit den zu diesen Zeitpunkten sehr hohen Tritiumkonzentrationen im Gewebewasser korreliert ist, können bereits geringe Mengen nicht entfernten Tritiums zu einem überhöhten OBT-Meßwert führen. Es wurde experimentell ermittelt, daß die OBT-Meßwerte der ersten Stunden um einen Betrag, der ca. 0,5 bis 1 % der HTO-Konzentration im Gewebewasser entspricht, zu hoch waren. Nach einer entsprechenden Korrektur der OBT-Werte zeigt die Modellberechnung eine akzeptable Übereinstimmung, wie in Abb. 4 am Beispiel eines Nachtversuches zu erkennen ist.

Ausblick

Nachdem das Pflanzen-OBT-Modell mit experimentellen Daten kalibriert wurde und die OBT-Konzentration der Körner bei der Ernte mit ausreichender Genauigkeit vorhergesagt werden kann, soll es nun mit neugewonnenen experimentellen Daten aus einem anderen Jahrgang getestet und validiert werden. Darüber hinaus soll geprüft werden, ob das Modell für andere Pflanzenarten, z.B. Kartoffeln, nach entsprechender Modifikation verwendbar ist. Für das Verständnis der Stoffwechselprozesse, die für den Tritiumeinbau ins OBT relevant sind, ist es jedoch notwendig, auch die Dynamik in den ersten Stunden nach der Exposition zu simulieren. Dann wäre es auch möglich, das Modell für Berechnungen zur OBT-Bildung in Blattgemüse oder Gras (für den Weide-Kuh-Milch-Pfad) in den ersten Stunden nach einer Tritiumfreisetzung anzuwenden. Des-

halb sind weitere experimentelle Untersuchungen zur Klärung von Einzelfragen und zur Übertragbarkeit auf das Freiland geplant.

Danksagung

Die Arbeiten wurden im Rahmen des Projekts Kernfusion des Forschungszentrums Karlsruhe mit finanzieller Unterstützung des Strahlenschutzprogramms der Europäischen Union durchgeführt. Die meteorologischen Daten wurden vom Institut für Klimaforschung des Forschungszentrums Karlsruhe und ein Teil der Wachstumsdaten von der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenberg zur Verfügung gestellt. Frau Jutta Müller und Herr Wolfgang Raskob haben zur Modellentwicklung und Kalibrierung mit den experimentellen Daten einen wesentlichen Beitrag geleistet. ■

STICHWORTE

Tritium, Radioökologie, Fusionsreaktor

LITERATUR

[1] Fiege, A. (ed.) Tritium. KfK-5055 (1992)
 [2] Gulden, W. und Raeder, J., Tritium im Fusionsreaktor. Phys. Bl. 46, 179-181 (1990)
 [3] International Commission on Radiological Protection. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides. Oxford: Pergamon Press; ICRP Publication 56, Part 1; (1990)
 [4] Raskob, W., UFOTRI: Description of the new version of the tritium model UFOTRI 4.0, including user guide. KfK-5194 (1994)
 [5] Raskob, W. und Gulden, W., Accidental tritium doses based on realistic modelling. Fusion Technol. 21, 536-543 (1992)
 [6] Belot, Y., Gauthiers, H., Camus, H., Caput, C., Predictions of the flux of tritiated water from air to plant leaves. Health Phys. 38, 575 (1979)
 [7] Raskob, W., Assessment of the environmental impact from tritium releases under normal operation conditions and after accidents.

„Fifth Topical Meeting on Tritium Technology in Fission, Fusion, and Isotopic Applications“ in Belgirate vom 28.5. - 3. 6. 1995, (Druck in Vorbereitung in Fusion Technology)

[8] Diabaté, S. und Strack, S., Organically bound tritium. Health Phys. 65, 698-712 (1993)

[9] Strack, S., Diabaté, S., Müller, J. und Raskob, W., Organically bound tritium formation and translocation in crop plants, modelling and experimental results. „Fifth Topical Meeting on Tritium Technology in Fission, Fusion, and Isotopic Applications“ in Belgirate vom 28.5. - 3. 6. 1995, (Druck in Vorbereitung in Fusion Technology)

AUTOREN



Dr. Silvia Diabaté, geb. 1955, studierte an der Universität Halle Biologie. Sie promovierte 1984 an der Universität Gießen und trat 1985 in das Kernforschungszentrum Karlsruhe (jetzt Forschungszentrum Karlsruhe) ein. Seitdem forscht sie auf dem Gebiet der Radioökologie von Tritium.



Dr. Siegfried Strack, geb. 1948, Studium Lebensmittel- und Biotechnologie an der TU Berlin 1973 bis 1978 Wiss. Ang. im Institut für Strahlenhygiene im Bundesgesundheitsamt Berlin 1978/1979 Post-doc Tätigkeit im Inst. f. Radiobiologie im CEN Mol/Belgien Seit 1980 im Forschungszentrum Karlsruhe/Technik und Umwelt als Wiss. Ang. tätig, Arbeitsgebiet Radioökologie von Tritium.

ANSCHRIFT DER AUTOREN

Forschungszentrum Karlsruhe
 HS/Umweltschutz
 Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

Umgebungsüberwachung: Kernbrennstoff-Kreislauf und Bergbau

AUTOR

Eberhard Frenzel

ZUSAMMENFASSUNG

Die im Hinblick auf Kernkraftwerke abgefaßte Richtlinie für Emissions- und Immissionsüberwachung (REI) wird derzeit auf Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs erweitert. Eine Arbeitsgruppe im Arbeitskreis Umweltüberwachung des FS hat parallel dazu Konzepte für die Überwachung von Fabriken und Zwischenlagern für Brennelemente sowie für Endlager in der Betriebsphase entwickelt, die in dieser Arbeit vorgestellt werden. Ferner wird die Überwachung radioaktiver Stoffe angesprochen, die bei bergbaulichen Tätigkeiten freigesetzt werden.

SUMMARY

The German „Guidelines for Emission and Immission Monitoring“, originally conceived in view of Nuclear Power Plants, are extended presently to facilities of the fuel cycle. At the same time, a subgroup of the Working Group on Environmental Monitoring of the FS has developed concepts for surveillance of fuel element factories, intermediate storages, and final storage facilities during the operational phase that are presented in this contribution. Moreover, monitoring of radioactivity released at mining activities is addressed.

Anlagen des Kernbrennstoff-Kreislaufes Brennelementfabriken

In einer Brennelementfabrik (BE-Fabrik) werden Brennelemente für Kernkraftwerke aus verschiedenen spaltbaren Stoffen hergestellt. Zu diesen Stoffen zählen Uran (natürlich, leicht angereichert oder hoch angereichert), Plutonium und Thorium. Meist werden, je nach Auslegung der Anlage, nur ein Spaltstoff (z.B. Uran oder Thorium) oder zwei Spaltstoffe (z.B. Mischoxid U-Pu) verarbeitet.

Besonderheiten der Emissions- und Immissionsüberwachung aus der Sicht des FS-AKU

Die „Richtlinie für Emissions- und Immissionsüberwachung“ (REI), 1979 im wesentlichen für Kernkraftwerke konzipiert, wurde in der Fassung von 1993 aktualisiert; ihre Erweiterung auf andere Anlagen des Brennstoffkreislaufs, die ebenfalls nach dem Atomgesetz genehmigt werden müssen, ist aber noch im Entwurfsstadium. Neben anderen Gremien hat sich mit dieser erweiterten Aufgabenteilung seit einiger Zeit auch eine Arbeitsgruppe des FS-Arbeitskreises Umweltüberwachung befaßt und ihre Ergebnisse über die AKU-Mitglieder M. Winter und J. Narrog in die Beratungen des BMU einfließen lassen. Zusätzlich widmete sich diese Arbeitsgruppe auch der Umgebungsüberwachung uranbergbaulicher Tätigkeiten. Der folgende Beitrag faßt die Vorschläge der Arbeitsgruppe in einer Art „Executive Summary“ in aller Kürze zusammen.

Neben der eigentlichen BE-Fabrikation sind auch Lager für die Ursprungsstoffe (z.B. UF₆) und Anlagen zur chemischen und physikalischen Umwandlung der Ursprungsstoffe in die Ausgangsstoffe (meist Oxide) vorhanden. Von Bedeutung für die Emissionsüberwachung und die Umgebungsüberwachung einer BE-Fabrik ist die Tatsache, daß mit wenigen Ausnahmen die dort verarbeiteten Radionuklide Alpha-Strahler sind und die meisten Nuklide davon in der Natur bzw. im Bombenfallout in einem vielfach höheren Maß

zu finden sind, als durch die Immissionen der BE-Fabrik zu erwarten ist.

Eine Ausnahme bilden Anlagen, in denen wiederaufgearbeitetes Uran oder ²⁴¹Pu gelagert oder verarbeitet werden. Hier können zusätzliche Nuklide (²⁴¹Am, Spaltprodukte) für die Überwachung relevant werden. Dies ist im Einzelfall an Hand der Dosisrelevanz dieser Nuklide zu prüfen.

Bei der Emissionsüberwachung reicht die Instrumentierung für den bestimmungsgemäßen Betrieb auch für den Störfall, bei der Umgebungsüberwa-

chung sollten sowohl Genehmigungsinhaber als auch unabhängige Meßstellen Meßprogramme für den bestimmungsgemäßen Betrieb und für Störfälle durchführen.

Bei Anlagen, in denen ein Kritikalitätsstörfall ausgeschlossen ist, kann im Umgebungsüberwachungsprogramm für den Störfall auf Messungen verzichtet werden, die sich auf Spaltprodukte beziehen.

Der FS-AKU empfiehlt, die Nachweisgrenzen für die Umgebungsüberwachung im bestimmungsgemäßen Betrieb auf der Basis des Dosiskonzepts zu ermitteln und die Pfade Inhalation und Ingestion für die dosisrelevanten Nuklide mit einem Beitrag von jeweils insgesamt 60 % und 30 % am Dosisgrenzwert zu berücksichtigen.

Unter dieser Annahme ergibt sich z.B. (StrlSchV Tab. IV 1), abgeleitet aus den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr, für ^{239}Pu Aerosole eine NWG von $0,01 \text{ Bq/m}^3$.

Für Messungen bei Stör- oder Unfällen sind die Meßbereiche so festzulegen, daß ein lückenloser Übergang von den Messungen im bestimmungsgemäßen Betrieb gewährleistet wird und andererseits auch maximal mögliche Störfälle erfaßt werden.

Grundsätzlich empfiehlt der AKU spektrometrische Messungen nur dann, wenn bei einer vorangegangenen Gesamt-Alpha-Messung vorgegebene Schwellenwerte überschritten worden sind. Die sehr aufwendigen und zeitraubenden alphaspektrometrischen Messungen werden so auf ein notwendiges Mindestmaß reduziert.

Bei der Bestimmung der Gesamt-Alpha-Aktivität von Aerosolen mit sofortiger Auswertung (Störfallmessung) stört der Anteil der natürlich vorhandenen Radionuklide. Hier ist der Vorzug solchen Verfahren zu geben, mit denen zwischen natürlichen und künstlichen Radionukliden unterschieden werden kann.

Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente (Trockenlager)

Transportbehälterlager (TBL) für abgebrannte Brennelemente dienen zur Zwischenlagerung der aus Kernkraftwerken anfallenden abgebrannten Brennelemente. Die Lagerung erfolgt in speziellen, abgeschirmten Behältern, deren Dichtheit durch ein Zweifachdeckelsystem mit kontinuierlicher Leckprüfeinrichtung kontrolliert wird. Neben dem eigentlichen Lagerbereich ist ein Empfangsbereich zur Abfertigung der Behälter vorhanden.

Bei bestimmungsgemäßen Betrieb sind aus dem Lagerbereich keine Ableitungen radioaktiver Stoffe möglich, deshalb entfällt auch eine Emissionsüberwachung der Fortluft.

In Ausnahmefällen sind bei der Abfertigung der Behälter im Eingangsbereich Dekontaminationsarbeiten erforderlich. Der AKU empfiehlt, hierbei anfallende, schwach radioaktive Abwasser in Auffangbehältern zu sammeln und nur nach Freigabe in das öffentliche Kanalnetz abzugeben.

Hinsichtlich der Immissionsüberwachung empfiehlt der AKU, sowohl die Gamma-Ortsdosisleistung als auch die Neutronen-Ortsdosisleistung kontinuierlich zu überwachen. Daneben sind integrierende, passive Dosimeter für beide Strahlenarten vorzusehen.

Bei jeder Bewegung von Transportbehältern sollten zusätzlich Dosisleistungsmessungen mit tragbaren Geräten durchgeführt werden.

Da im bestimmungsgemäßen Betrieb keine Emissionen vorhanden sind, kann auf eine weitergehende Überwachung des Luftpfades sowie des Wasserpfades verzichtet werden.

Zwischenlager sind so konzipiert, daß erst bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen Freisetzungen auftreten. Deshalb sind weitergehende Messungen in der Umgebung erst in solchen Fällen erforderlich.

Endlager

Als Endlager werden bergmännische Anlagen zur Lagerung von Abfällen

mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und wärmeentwickelndem hochaktivem Abfall aus dem Kernbrennstoffkreislauf betrachtet, ebenso die dazugehörigen oberirdischen Anlagenteile zum Transport, Umschlag und zur kurzfristigen Zwischenlagerung der einzulagernden Abfälle.

Der Betrieb von Endlagern ist nach dem Atomgesetz Aufgabe des Bundes, die Zuständigkeit der Aufsichtsbehörden der Länder entfällt damit. Die im allgemeinen Teil der REI festgelegten Aufgaben einer unabhängigen Meßstelle werden von einer unabhängigen Institution wahrgenommen, die vom Bund zu benennen ist.

Das Überwachungsprogramm ist für die Betriebsphase ausgelegt. Für die Nachbetriebsphase und die Zeit nach Beendigung der bergbaulichen Tätigkeiten sind separate Überwachungsprogramme zu erstellen.

Bei der Emissionsüberwachung reicht die Instrumentierung für den bestimmungsgemäßen Betrieb auch für den Störfall, bei der Umgebungsüberwachung sollten sowohl Genehmigungsinhaber als auch unabhängige Meßstellen Meßprogramme für den bestimmungsgemäßen Betrieb und für Störfälle durchführen.

Im bestimmungsgemäßen Betrieb erfolgen radioaktive Emissionen nur mit den ausziehenden Wettern (Fortluft). Grundsätzlich sind in die Überwachung aber alle Schächte einzubeziehen, die direkte Verbindung zum Lagerbereich haben. Andernfalls ist nachzuweisen, daß auch im Störfall keine radioaktiven Emissionen über den betreffenden Schacht erfolgen können.

Der AKU empfiehlt, in der Fortluft über Tage in allen Endlagern die Nuklide ^3H , ^{14}C und ^{222}Rn zu überwachen.

^{85}Kr und ^{129}I sind je nach eingelagertem Inventar nur anlagenspezifisch zu überwachen. Aerosole sind kontinuierlich zu sammeln und auszuwerten. Grubenwasser sowie Betriebsabwässer sind zu sammeln und vor Abgabe einer gammaspektrometrischen Entschei-

dungsmessung zu unterziehen. Die Tritiumkonzentration ist ebenfalls zu bestimmen. Oberflächen- und Niederschlagswasser aus dem Betriebsgelände ist durch Stichprobenentnahme aus dem Regenrückhaltebecken (sofern vorhanden) oder dem Sammelkanal am Anlagenzaun gammaspektrometrisch und auf den Tritiumgehalt zu untersuchen.

Die Gamma-Ortsdosis ist mit integrierenden Dosimetern am Anlagenzaun zu registrieren und halbjährlich auszuwerten. Die Neutronendosis ist etwa in gleichem Umfang zu überwachen, wenn Kernbrennstoffe eingelagert werden. Aerosole sind an zwei Orten zu sammeln und als Mischprobe vierteljährlich spektrometrisch auszuwerten.

Die Überwachung des Niederschlagswassers kann nach Meinung des AKU entfallen.

An zwei Orten sind halbjährlich jeweils Boden- und Bewuchsproben zu entnehmen und zu untersuchen, bei den Bewuchsproben ist zusätzlich Tritium und ¹⁴C zu bestimmen.

Ergänzend zu diesen Messungen empfiehlt die AKU der unabhängigen Meßstelle, pflanzliche Nahrungsmittel (vorwiegend Blattgemüse) entsprechend den regionalen Gegebenheiten zu entnehmen und analog den Bewuchsproben zu untersuchen. Sofern es den Gegebenheiten des Anlagenstandortes entspricht, ist ferner das Oberflächenwasser vierteljährlich und das akkumulierende Medium Sediment jährlich hinsichtlich der μ -strahlenden Nuklide (Oberflächenwasser außerdem auf Tritium) zu überwachen.

Bergbauliche Tätigkeiten Ausgangslage

In der Bundesrepublik Deutschland war in der Vergangenheit das Problem der Freisetzung radioaktiver Stoffe im Zusammenhang mit der Gewinnung und Aufbereitung radioaktiver Bodenschätze von untergeordneter Bedeutung. Dies hat aber durch die Vereinigung eine völlig neue Dimension bekommen, da in der DDR Urangewinnung mit großer Intensität betrieben

worden ist. Noch bis 1990 waren in Sachsen und Thüringen 23 Förder-schächte mit einer Vielzahl von Nebenanlagen (Wetterschächte, Halden u. a.) und zwei Aufbereitungsanlagen mit den dazugehörigen Deponien (industrielle Absetzanlagen) für die bei der Erzaufbereitung anfallenden Rückstände in Betrieb.

Die Urangewinnung wurde eingestellt, die dazu betriebenen Anlagen werden stillgelegt und verwahrt. Flächen, die im Zusammenhang mit der Urangewinnung, insbesondere durch Erzreste und durch bergbauliche Abprodukte (Bergmaterialien) kontaminiert wurden, werden abgedeckt, beräumt oder anderweitig saniert. Neben den Untersuchungen zur Beurteilung der Strahlungssituation, die eine wichtige Grundlage zur Vorberei-

tung von Entscheidungen über Notwendigkeit und Ziele von Sanierungsarbeiten bilden, sind während der Stilllegung, Verwahrung und Sanierung Maßnahmen zur Überwachung der Umwelt erforderlich, da dabei noch radioaktive Stoffe in die Umwelt freigesetzt werden können.

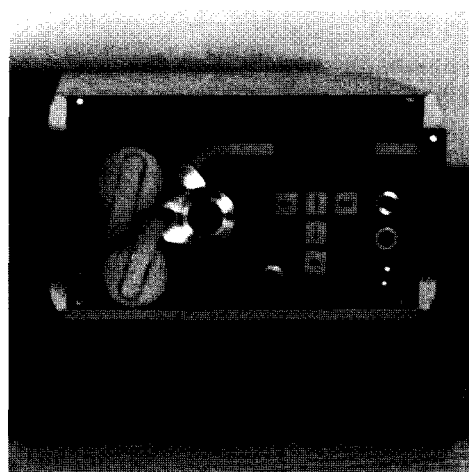
Rechtsvorschriften

Nach den geltenden Rechtsvorschriften¹⁾ ist für die Ableitung radioaktiver Stoffe eine behördliche Genehmigung erforderlich, und aus diesen Vorschriften ergibt sich für den Genehmigungsinhaber und für die zuständige Behörde auch die Pflicht zur Überwachung der Ableitungen und Freisetzung und ihrer Auswirkungen.

Diesen Rechtsvorschriften zufolge ist nachzuweisen, daß die

¹⁾ Nach Maßgabe des Einigungsvertrages gilt bei bergbaulichen und anderen Tätigkeiten, bei denen natürliche radioaktive Stoffe, insbesondere Radon und Radonfolgeprodukte anwesend sind, in den neuen Bundesländern die Verordnung über die Gewährleistung von Atomicherheit und Strahlenschutz (VOAS) der DDR vom 1. Oktober 1984 (GBl. I Nr. 30 S. 341) und die Durchführungsbestimmung zu dieser Verordnung (GBl. I Nr. 30 S. 348) fort.

Dem Radon und seinen nackten bzw. anschiessamen Töchtern auf der Spur



Radon-Folgeprodukt-Monitor EQF 3000

liefert:

- äquiv. Radon-Konz.
- Thoronfolgeprodukte
- Rn-Messung separat
- pot. Alphaenergie
- Gleichgewichtsfaktor
geeignet zur:
- Belastungsbewertung
Strahlenexponierter in
Wasser-/ Bergwerken
- Belastungserfassung
in Produktionsstätten,
Büros u. Wohnungen

SARAD GmbH

Radon-Meßtechnik, Multi-Sensor-Systeme zur Umweltüberwachung
Kernphysikalisch-radiochemische Analytik, radiologische Gutachten
Radongeschütztes Bauen, Sanierung radiologisch belasteter Objekte

**Cunnersdorfer Str. 12
D-1705 Freital**
Tel.: 0351 / 448 55 48
Fax: 0351 / 281 03 91

**Dorfplatz 1
D-1705 Pesterwitz**
Tel.: 0351 / 65 80 70
Fax: 0351 / 65 80 78

**Waldstraße 7
D-08301 Schlema**
Tel.: 03771 / 22700
Tel.: 03771 / 24214

- in der Genehmigung festgelegten Ableitungswerte eingehalten werden
 - durch die bergbaulichen Tätigkeiten oder die damit im Zusammenhang stehenden Ableitungen radioaktiver Stoffe verursachten radioaktiven Umweltkontaminationen das zugelassene Niveau nicht überschreiten
 - durch diese Tätigkeiten und Ableitungen verursachten Strahlenexpositionen in der Umgebung die gesetzlich oder behördlich festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten.
- Im Hinblick auf die Möglichkeiten für das Zustandekommen einer radioaktiven Kontamination der Umwelt und der sich daraus ergebenden Notwendigkeit für eine Umgebungsüberwachung muß bei den zu betrachtenden bergbaulichen Tätigkeiten grundsätzlich unterschieden werden zwischen
- Tätigkeiten, bei denen die Ableitung von Medien aus technischen Gründen (z.B. Wässer aus Untertagebereichen, Schachtwässer, Überschußwässer aus industriellen Absetzanlagen, Flutungswässer) unvermeidlich oder aus Arbeits- und Strahlenschutzgründen (z.B. Abwetter) erforderlich ist und für die die mit den Medien abgeleiteten Mengen radioaktiver Stoffe durch behördliche Genehmigung begrenzt werden und
 - Tätigkeiten zur Verwahrung und Beseitigung bergbaulicher Hinterlassenschaften, bei denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird (z.B. Arbeiten an Halden, Beräumen von Erzlagern oder mit Erzresten oder Bergmaterialien verunreinigten Flächen, Verlade- und Transportarbeiten).
- In Analogie zu anderen in die Zuständigkeit der Länder fallenden Aufgaben der Umgebungsüberwachung nach der REI werden auf Bundesebene Grundsätze für die Überwachung bergbaulicher Tätigkeiten (Emissions- und Immissionsüberwachung) ausgearbeitet.

Besonderheiten der Umgebungsüberwachung

Folgende Besonderheiten sollten bei der Ausarbeitung von Programmen zur Umgebungsüberwachung beachtet werden:

- Konzentration und Mengen der freigesetzten radioaktiven Stoffe schwanken nur langfristig, auch bei Berücksichtigung von denkbaren Havarien. Kontinuierlich messende und registrierende Systeme sind in der Regel für Überwachungsmessungen nicht erforderlich.
- Die Freisetzung radioaktiver Stoffe in der Luft erfolgt in Bodennähe (z.B. Abwetterschächte). Messungen zur Überwachung der Luft sollten deshalb vorrangig in der Nähe derartiger Anlagen durchgeführt werden.
- Bei den in die Luft freigesetzten radioaktiven Stoffen handelt es sich vor allem um Radon, eine Strahlenexposition entsteht durch die Inhalation von kurzlebigen Radonfolgeprodukten. Da alle übrigen aus der Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Luft entstehenden Strahlenexpositionen im Vergleich damit vernachlässigbar gering sind, sollte sich die Überwachung der Luft auf die Messung von Radon oder Radonfolgeprodukten konzentrieren.
- Durch Ableitungen radioaktiver Stoffe bedingte äußere Strahlenexpositionen können nur in Ausnahmefällen (in Uferzonen von Gewässern, in die radioaktive Stoffe eingeleitet werden) auftreten. Eine systematische Überwachung der Gamma-Ortsdosisleistung ist nicht erforderlich.
- Die Überwachung der Auswirkungen der Ableitungen radioaktiver Stoffe in Oberflächengewässer kann sich auf die Ermittlung der Radioaktivitätskonzentrationen in den Wässern der unmittelbar durch Ableitungen betroffenen Oberflächengewässer beschränken. Nur bei deren Nutzung sollten auch die

sich anschließenden aquatischen oder terrestrischen Expositionspfade berücksichtigt werden.

Im Gegensatz zu den anderen Anlagen des Kernbrennstoffzyklus müssen bei der Planung der Immissionsüberwachungsprogramme für bergbauliche Tätigkeiten die bei den Sanierungsarbeiten auftretenden Freisetzungen (z.B. von Staub) und die speziellen Standortbedingungen sowie das geogene Niveau der Umweltradioaktivität in weitaus stärkerem Maße berücksichtigt werden. Außerdem müssen die Meßprogramme zur Umweltüberwachung so konzipiert werden, daß auch das Erreichen des Sanierungszieles dokumentiert werden kann. ■

STICHWORTE

Emissionsüberwachung, Immissionsüberwachung, Brennstoffkreislauf, Bergbau, Zwischenlager, Endlager



AUTOR

Dr. Eberhard Frenzel, geb. 1951, studierte an der Universität Freiburg Physik. Nach der Promotion begann seine berufliche Laufbahn in der Entwicklungsabteilung von FAG-

Kugelfischer, Erlangen.

Seit 1991 ist Dr. Frenzel bei EG&G Berthold, Bad Wildbad, und übernahm am 1.1.1995 den Geschäftsbereich Strahlenschutz.

Dr. Frenzel ist Mitglied im KTA-UA Strahlenschutz und stellvertretender deutscher Sprecher des IEC-Komitees für Strahlenschutzinstrumentierung.

ANSCHRIFT DES AUTORS

Eberhard Frenzel, Laboratorium Prof. Dr. Berthold GmbH & Co KG, 75312 Bad Wildbad

MITAUTOREN

Dr. Eckahrd Ettenhuber, BFS Berlin; Eva Maria Friedland, HMI Berlin; Dr. Hans Hauske, KHG Eggenstein-Leopoldshafen; Dr. Dieter Lux, BFS Neuherberg; Jürgen Narrag, UMBW Stuttgart; Winfried Rasp, PTB Braunschweig

ICE als Quelle nichtionisierender Strahlung

AUTOR

Olaf Plotzke

ZUSAMMENFASSUNG

Das magnetische Wechselfeld an der Streckenführung des ICE wurde während der Zugabfahrt in der Berliner Innenstadt vermessen und hinsichtlich Maximalwert und Impulsform analysiert. Gesundheitliche Gefährdungen oder Beeinträchtigungen sind nach heutigem Kenntnisstand auszuschließen.

SUMMARY

The magnetic field along the tracks of the Intercity Express train (ICE) has been measured during the departure of the train in the Berlin downtown city, and maximum values and pulse shapes have been analyzed. Health risks or detriments from the field can be excluded as far as our actual knowledge permits.

Der ICE als umweltfreundliches Verkehrsmittel

Der „Inter City Express“ ICE ist heute ein vielversprechendes modernes Verkehrsmittel zur schnellen Verbindung im europäischen Raum. Im Gegensatz zum Flugbetrieb liegen Start und Ziel direkt im Herzen europäischer Großstädte. So auch in Berlin, wo die Streckenführung des ICE und E-Lok-bespannter Züge vom Bahnhof Zoo aus parallel mit der S-Bahnlinie S2 verläuft. Der ICE zeichnet sich, wie die elektrische Traktion im allgemeinen durch optimale energetische Nutzung, als äußerst umweltverträglich aus. Der personenbezogene spezifische Energieverbrauch liegt bei weitem günstiger als im Kraftfahrzeugverkehr (durchschnittlich 42% des Primärenergieverbrauchs eines Pkws [9]): Der Einsatz des Energieträgers Strom ermöglicht durch seine Energiedichte eine hohe Endgeschwindigkeit und hält die im Kraft-

Magnetisches Feld an der Streckenführung des ICE in Berlin

Elektromagnetische Felder, wie sie unter anderem in der Umgebung von Bahnstromanlagen auftreten, können das menschliche Befinden und bei größeren Feldstärken die Gesundheit beeinträchtigen. Nachdem in der Berliner Innenstadt in der Nähe der ICE-Trasse Bildstörungen an Datensichtgeräten auftraten, wurden von der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin zusammen mit der Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie Feldmessungen durchgeführt, deren Ergebnisse im folgenden Beitrag vorgestellt werden. Die Autoren kommen zu dem Schluß, daß eine Gefährdung der Bevölkerung nach heutigem Kenntnisstand nicht besteht.

werk vorgelagerten Schadstoffemissionen durch moderne Rauchgasreinigung gering.

Energieversorgung

Die Energieversorgung des ICE-Triebzuges erfolgt über die Oberleitung mit 16 2/3 Hz. Während der Anfahrt beträgt der Spitzenstrom bis zu einigen hundert Ampere. Der Rückstrom fließt über den Schienenkörper und teilweise auch über Erdreich.

Die Oberleitung selbst besteht aus Fahrdrabt und Trageil in einer Höhe von 5,50 m bis 6,50 m über der Schiene [1]. Der Gleiskörper verläuft im Bereich der Knesebeckstr. in ca. 6 m Höhe über dem Erdboden.

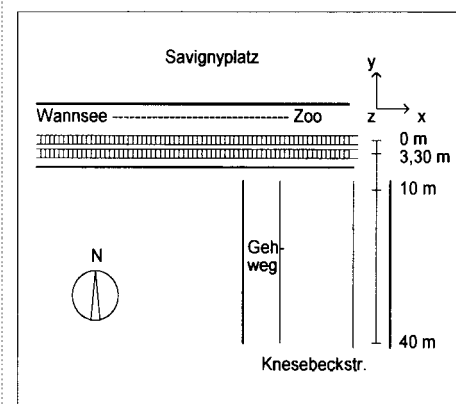
Experimentelle Durchführung

Der ICE fährt täglich alle 2 Stunden von 5⁴⁵ bis 17⁴⁵ vom Bahnhof Zoo ab. Zu diesen Zeitpunkten wurde jeweils die magnetische Flußdichte mit einem Spektrumanalysator und einer drei-

achsigen Sonde, die mit einer Fläche von je 100 cm² nach DIN VDE 0848 [2], gemessen. Die Sondenhöhe betrug 1 m. Die Meßpositionen lagen auf der Bahnsteigkante der S-Bahnstation Savignyplatz und in 10 bzw. 40 m Abstand zur Gleismitte in der Knesebeckstraße (Abb. 1).

Das zugehörige Koordinatensystem, auf das sich im weiteren alle Richtungen be-

Abb. 1: Meßposition Savignyplatz in Draufsicht



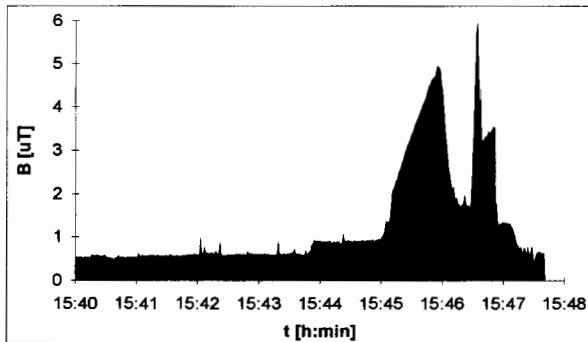


Abb. 2: Aufzeichnung der magnetischen Induktion auf dem S-Bahnsteig Savignyplatz

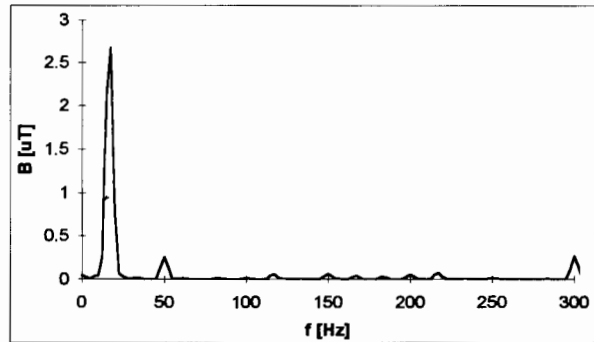


Abb. 5: Spektrum der magnetischen Induktion während der Abfahrt des ICE

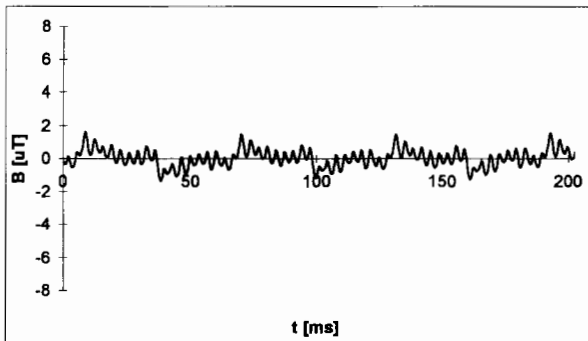


Abb. 3: Magnetische Induktion vor Abfahrt des ICE

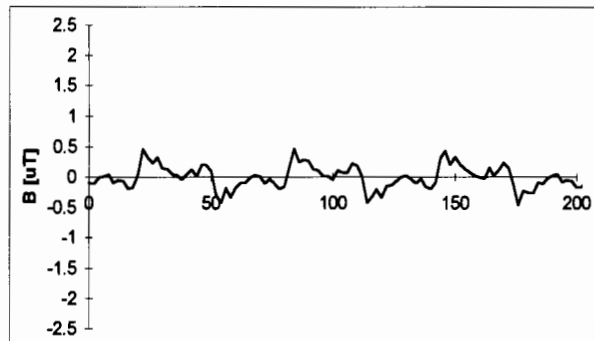


Abb. 6: Magnetische Induktion vor Abfahrt des ICE Position y = -10 m, Knesebeckstraße

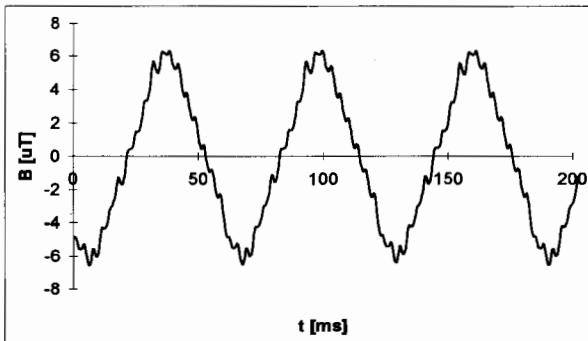


Abb. 4: Magnetische Induktion bei Abfahrt des ICE

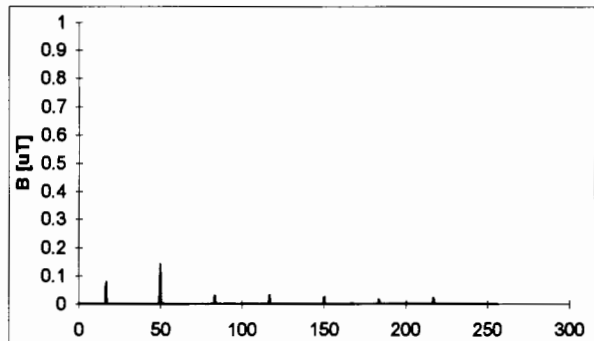


Abb. 7: Spektrum zu Abb. 6

ziehen, ist ebenfalls dargestellt. Der Ursprung befindet sich bei der Position 0 m, auf dem Gehweg der Knesebeckstraße. Die Bestimmung des Signalverlaufs erfolgte in 30-Sekunden-Intervallen. Zusätzlich wurde die magnetische Flußdichte kontinuierlich mit einem Handfeldmeter und einem Datenlogger aufgezeichnet. Der Fehler der Meßgeräte betrug $3\% \pm 5$ Digits, bei einer Empfindlichkeit von 100 pT. Die Winkelgenauigkeit der X,Y,Z-Komponenten ist mit 5 Grad zu veranschlagen. Der größte Fehler entstand durch Toleranzen in der Position von ca. ± 10 cm.

Meßdaten

Der zeitliche Verlauf der magnetischen Flußdichte während der Zuganfahrt ist in Abb. 2 dargestellt. Die Messung entstand auf der S-Bahnstation Savignyplatz. Aufgezeichnet wurde die Maximalkomponente. Deutlich zu sehen ist die Beschleunigungsphase, die um Punkt 15⁴⁵ Uhr beginnt. Anschließend erfolgt ein Einbruch und daraufhin eine Nachbeschleunigung. Mit Vorbeifahrt des vorderen Triebkopfes sinkt die magnetische Flußdichte wie zu erwarten schlagartig ab. Es bleibt noch ein ge-

ringes Feld, welches nach dem Passieren des hinteren Triebkopfes gegen Null geht.

Der Energieverbrauch setzt zudem schon vor der Anfahrt ein, wie deutlich zu erkennen ist (Energiebedarf für Heizung, Klimatisierung etc.). Insgesamt erstreckt sich die Magnetfeld-Exposition am Savignyplatz bei jeder Zugabfahrt auf 2 Minuten, wobei der Maximalwert von ca. 6 µT nur für wenige Sekunden auftritt.

Der Signalverlauf der magnetischen Induktion vor der Zugabfahrt ist in Abb. 3 dargestellt. Es handelt sich um

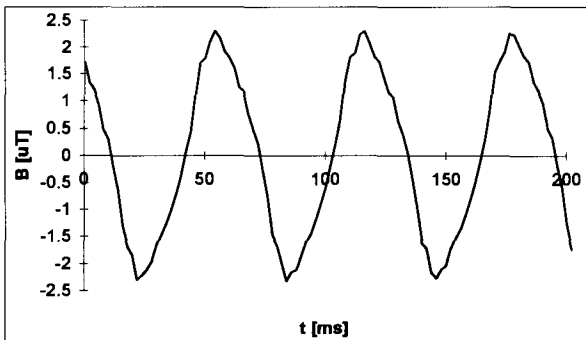


Abb. 8: Magnetische Induktion bei Abfahrt des ICE
Position y = -10 m. Knesebeckstraße

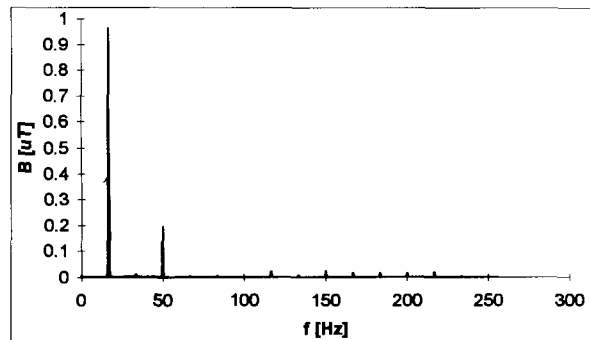


Abb. 9: Spektrum zu Abb. 8

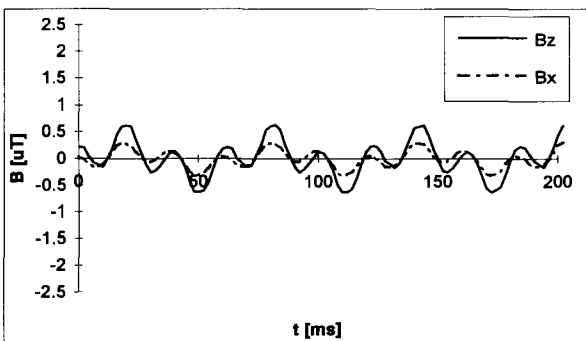


Abb. 10: Magnetische Induktion in X und Z-Komponente

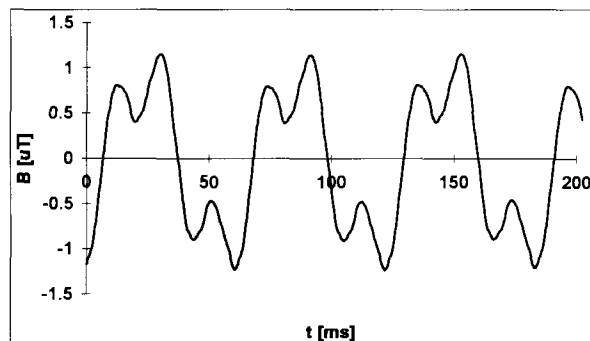


Abb. 11: Magnetische Induktion, Position y = -40 m

50-Hz-Komponenten, mit einer 300-Hz-Überlagerung deren Ursache die Restwelligkeit der Gleichstromversorgung im S-Bahnnetz ist.

Während der Abfahrt (Abb. 4) steigt die magnetische Flußdichte und weist eine Periode von $16 \frac{2}{3}$ Hz auf, wie dem Spektrum (Abb. 5) zu entnehmen ist.

Die Messung traf nicht genau mit der größten Beschleunigung zusammen und spiegelt deswegen nicht die maximale magnetische Flußdichte wieder, wie dies in der Langzeitaufzeichnung (Abb. 3) der Fall ist.

In der Knesebeckstraße ergab sich ein ähnliches Signal, jedoch mit erwartungsgemäß niedriger Amplitude (Abb. 6 - 9). Die Meßposition befand sich hierbei auf dem Gehweg, in 10 m horizontalem Abstand von der Gleismitte und ca. 10,5 m unterhalb der Oberleitung.

Das Signal ist bereits in seiner Amplitude abgeschwächt und enthält keine 300-Hz-Anteile mehr, wie auf dem Bahnsteig. Die maximale magnetische Induktion beträgt lediglich $1 \mu\text{T}$. In

Abb. 6 - 9 ist dabei nur die Y-Komponente dargestellt. Der X-Anteil im Meßpunkt sollte gegen Null gehen, während nur ein geringer Z-Anteil aufgrund der $1/r^2$ Restfeldcharakteristik zu erwarten ist. dies kann durch Abb. 10 bestätigt werden.

Abschließend wird noch die magnetische Induktion in 40 m Abstand dargestellt (Abb. 11).

Die 50-Hz-Hintergrundfeldstärke beträgt hier $0,25 \mu\text{T}$, während der $16 \frac{2}{3}$ -Hz-Anteil kurzzeitig einen Wert von $0,5 \mu\text{T}$ erreicht.

Relevanz der Meßdaten

Die ermittelten Daten treffen in der dargestellten Form für die heutige Streckenführung des ICE in Berlin zu. In anderen deutschen Großstädten (Hamburg, München etc.) herrscht wesentlich mehr „Verkehr“ auf der Schiene, so daß sich die einzelnen Ströme und damit auch die Magnetfelder kurzzeitig addieren können. Unsere Meßergebnisse geben die isoliert betrachtete, charakteristische Expositi-

on durch einen einzelnen ICE wieder. Bei leistungsstarken E-Lok-bespannten Zügen (z.B. IC mit BR 103) treten vergleichbare Feldstärken auf (Doppeltraktion im Gebirge).

Elektromagnetische Verträglichkeit

Magnetische Felder können zu einer unerwünschten Beeinträchtigung empfindlicher elektronischer Geräte führen, die als Störung der elektromagnetischen Verträglichkeit - kurz EMV - bezeichnet wird [3]. Besonders häufig sind Beeinträchtigungen (sog. Bildrandzittern) von Datensichtgeräten durch niederfrequente magnetische Felder. Dieser Effekt ist nicht zu vermeiden, da der Bildaufbau über die Ablenkung eines Elektronenstrahls mittels Magnetfeldern erfolgt, so daß dieser zwangsläufig auch durch äußere magnetische Felder beeinflusst werden kann. Besonders empfindlich sind hochauflösende farbige Computerbildschirme [4].

Bereits Flußdichten von $0,8 \mu\text{T}$ kön-

nen im ungünstigsten Falle Störungen hervorrufen [1]. Im allgemeinen liegen derartige Flußdichten jedoch nicht großflächig vor, da im Energieversorgungsnetz hin- und rückführende Leiter entgegengesetzte Felder erzeugen, treten nur geringe Restfelder mit $1/r^2$ -Charakteristik auf, deren Stärke proportional zum Leiterabstand und Stromfluß ist. Streng genommen gilt dies nur für Orte, deren Distanz zum Leitersystem groß gegenüber dem Leiterabstand ist [5], während im Nahbereich die Felder der Einzelleiter dominieren ($1/r$ -Charakteristik).

Dies trifft insbesondere im Nahbereich von Bahnanlagen zu (5,5 - 6,5 m Abstand Fahrdrabt - Schiene), wo zusätzlich die Schwierigkeit besteht, daß der Rückstrom nicht exakt definiert über einen Leiter (Schiene) fließt, sondern seinen Weg teilweise über das Erdreich sucht. Der Schienenstromanteil beträgt je nach den örtlichen Gegebenheiten 50-90% [1]. Das Magnetfeld des hinfließenden Stromes in der Oberleitung wird daher nur unvollständig durch das Feld des Rückstromes in der Schiene kompensiert. Es verbleibt eine resultierende Stromsumme, die auch noch in großen Entfernungen ein meßbares magnetisches Feld erzeugt.

Die nicht eindeutige Lokalisierbarkeit des Rückstromes macht es schwierig, entsprechende Feldprofile wie für Hochspannungsleitungen zu berechnen [6, 7], zumal die Ströme auf den Oberleitungen starken Schwankungen, entsprechend dem Fahrbetrieb, unterliegen sind. Im Bahnbereich ist deshalb die Messung der Magnetfelder über einen ausreichenden Beobachtungszeitraum zu bevorzugen (mit Ausnahme von „worst case“-Berechnungen).

In der vorliegenden Messung wurden Flußdichten von $1 \mu\text{T}$, im für die Bebauung relevanten Abstand, festgestellt. Diese können ein wahrnehmbares Bildflimmern auf empfindlichen Datensichtgeräten erzeugen, das

allerdings nur für wenige Sekunden auftritt und damit häufig unbemerkt bleiben dürfte. Nicht mehr tolerierbare Verzerrungen sind erst bei kontinuierlichen Wechselfeldern ab $2\text{-}3 \mu\text{T}$ Flußdichte zu erwarten und hängen stark von der Bauart des Monitors und dessen Orientierung zum Feld ab. Eine Behebung der Störungen ist nachträglich mit einer relativ teuren Monitorabschirmung aus einer Speziallegierung [8] oder dem Einsatz werkseitig geschirmter Monitore möglich.

Biologische Verträglichkeit

Die magnetischen Felder müssen hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Menschen und die lebende Umwelt betrachtet und bewertet werden. Dazu war es notwendig, Messungen durchzuführen, denn der Mensch hat kein Wahrnehmungsorgan für magnetische Felder geringer Intensität.

Die Erscheinungsform der Felder, ihre technische Anwendbarkeit und ihre biologischen Wirkungen sind abhängig von ihrer Frequenz oder Wellenlänge.

Im 50-Hz-Bereich sind die Haupterzeuger von elektrischen und magnetischen Feldern die Energieversorgungseinrichtungen mit Hochspannungsanlagen, Schalt- und Umspannstationen. Besonders hohe magnetische Feldstärkewerte treten an Elektrostahlöfen (Wechselstrom) und an Elektrolyseanlagen und Aluminiumschmelzen (Gleichstrom) auf.

Schwächere elektrische und magnetische Felder entstehen beim Benutzen von Haushaltsgeräten (50 Hz) sowie in der Umgebung von Bahnen (16 2/3 Hz), die um ca. eine Größenordnung unter den niedrigsten derzeitigen ICNIRP-Grenzwertempfehlungen liegen [10].

Die elektrische Feldstärke an der Körperoberfläche bewirkt eine mit der Frequenz wechselnde Aufladung der relativ hochohmigen Behaarung des Körpers. Zwischen den Haaren und der Hautoberfläche werden Kräfte

wirksam, die eine Vibration des Haarschaftes anregen und die über Berührungsrezeptoren in der Haut registriert werden können. Durch die starke Feldüberhöhung an der Körperoberfläche kann es auch zu einem wahrnehmbaren Kribbeln zwischen Kleidung und Haut sowie zur direkten Stimulation von peripheren Rezeptoren in der Haut kommen. Die Wahrnehmung elektrischer Felder durch Oberflächenreizungen, wie Haarvibration und Kribbeln der Haut, hängt von vielen Faktoren ab, z.B. Orientierung des Körpers zum Feld, Erdungsverhältnissen, Feuchtigkeit von Haut und Kleidung, Stellung der Extremitäten usw.

Die Schwellenwerte der Wahrnehmung können von Person zu Person verschieden sein. Eine Feldstärke von 1 kV/m wird von etwa 1% der Versuchspersonen infolge von Vibrationen der Körperhaare wahrgenommen, 10 kV/m von etwa 20% und 20 kV/m von etwa 50% der Versuchspersonen. Die Wahrnehmung elektrischer Felder durch Oberflächeneffekte wird individuell unterschiedlich als Belästigung oder Beeinträchtigung des Wohlbefindens empfunden.

Es werden aber auch Wirkungen beobachtet, die unterhalb der Schwelle der bewußten Wahrnehmung liegen. Wirken magnetische Felder auf den Menschen ein, kommt es im Organismus zur Induktion von Wirbelströmen, die vergleichbar der mit Elektroden applizierten elektrischen Stromdichte wirken, das heißt, sie können bei Überschreitung bestimmter Schwellenwerte Nerven- und Muskelzellen erregen.

Die Stromdichte von 1 mA/m^2 entspricht im allgemeinen der natürlicherweise vorhandenen Stromdichte in elektrisch nicht aktiven Organen und Geweben des Körpers. Die vom Herzen oder im Gehirn erzeugten Felder liegen in der Größenordnung bis zu 50 mV/m , entsprechend 10 mA/m^2 [2]. Sie werden

auch als biogene Felder bezeichnet. Bei Laborversuchen an Zellkulturen - wie auch mit Nagetieren - mit Stromdichten von 1 bis 10 mA/m² sind vorübergehende biologische Effekte beobachtet worden. Entsprechende Beobachtungen beziehen sich zu meist auf Auswirkungen auf die Melatoninproduktion der Zirbeldrüse sowie Veränderungen der Kalziumverteilungen. Häufig werden Effekte nur bei bestimmten Frequenz- oder bestimmten Feldstärkebereichen beobachtet (Fenstereffekte). Diese Befunde müssen jedoch weiter im Hinblick auf ihre pathogenetische Bedeutung der Effekte für die Auslösung von Spätwirkungen überprüft werden.

Ab Stromdichten von 10 mA/m² werden Veränderungen von Enzymaktivitäten, Änderung der Protein- und DNS-Synthese, Verschiebungen von Ionen, Metaboliten und Wirkstoffen, Beeinflussung der Zellteilung und -differenzierung sowie mögliche nervöse Effekte beobachtet. Diese Befunde wurden durch mehrere Untersuchungen bestätigt und können daher als bewiesen gelten.

Bei Körperstromdichten in Bereichen von 100 mA/m² bis 1.000 mA/m² können die Reizschwellen im erregbaren Gewebe erreicht und Veränderungen in der Erregbarkeit des zentralen Nervensystems beobachtet werden. Bei Stromdichten oberhalb von 1.000 mA/m² sind akute Gefahren infolge von Extrasystolen und Herzkammerflimmern möglich.

Diese durch Influenz oder Induktion, im oder am Körper, erzeugten Felder haben die oben beschriebenen direkten Wirkungen zur Folge.

Von indirekten Wirkungen wird gesprochen, wenn es bei Annäherung an „aufgeladene“ Gegenstände zu Funkenentladungen kommt oder ein Entladungsstrom über den Körper zur Erde abfließt, zum Beispiel beim Berühren von leitfähigen Objekten

wie Fahrzeugen oder Metallteilen unter einer Hochspannungsleitung.

Die Auswirkungen können von der leichten Wahrnehmung bis zu einem schmerzhaften Funkenüberschlag reichen. Bekannt sind solche Effekte aus dem Alltagsleben durch statische Aufladung beim Begehen isolierter Fußbodenbeläge und anschließender Berührung von Türgriffen, Wasserhähnen oder Kraftfahrzeugen.

Die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen über ein erhöhtes Krebsrisiko oder genetische Schäden als Folge von Einwirkungen elektromagnetischer Felder sind wissenschaftlich nicht überzeugend. Es sind mehrere großangelegte epidemiologische Studien in Kanada, den USA, Schweden und Dänemark durchgeführt worden, die aber zu keinem eindeutigen Ergebnis geführt ha-

ben und keinen begründbaren Hinweis auf den Zusammenhang einer Krebsentstehung und dem Wohnen unter Hochspannungsleitungen erbringen konnten. Es ergab sich keine eindeutig signifikante Erhöhung der Erkrankungsziffern unter den Leitungen oder im Bereich von Haushaltsstromversorgungen. Zur Diskussion steht die Möglichkeit, daß 50-Hz-Felder als Promotor bei der Leukämieentstehung wirken, d.h. die vorgeschädigten Zellen zur malignen Entartung anregen. Da der Wirkungsmechanismus nicht bekannt ist, kann nicht gesagt werden, welche Art der Feldbelastung für eine mögliche Wirkung verantwortlich ist. Aus diesem Grund werden weltweit intensive Untersuchungen zur Wirkung der niederfrequenten magnetischen Felder auf biologisches Gewebe durchgeführt.

LPS

Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutz Ausbildung

des Landes Mecklenburg-Vorpommern, 10318 Berlin, Waldowallee 117

Amtliche Personendosis-Meßstelle der Länder Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen

Kursstätte im Strahlenschutz nach der Strahlenschutzverordnung und der Röntgenverordnung

Die *LPS* befindet sich in Berlin-Karlshorst (Nähe S-Bahnhof Karlshorst) in ruhiger Lage und verfügt auch über ein Gästehaus und einen Parkplatz für Besucher.

Außer den regulären Leistungen als Personendosismeßstelle bieten wir an:

- **Dosimeter** für den Einsatz zur Ortsdosimetrie an Arbeitsplätzen und in der Umgebung sowie zur Dosisbestimmung bei Patienten
- **Strahlenschutzkurse** für Personen in medizinischen und technischen Bereichen zum Erwerb der Fachkunde sowie von Kenntnissen im Strahlenschutz nach StrlSchV und RöV, Kurse zur Erhaltung der Fachkunde und Seminare zur Strahlenschutz-Meßtechnik.

Sie erreichen uns

Personendosismeßstelle: Tel. (0 30) 500 13 405, Fax (0 30) 500 13 400
 Kursbüro: Tel. (0 30) 500 13 424, Fax (0 30) 500 13 440
 Gästehaus: Tel. (0 30) 500 13 122, Fax (0 30) 500 13 101

Grenzwertsituation

In nationalen und internationalen Gremien wurden die Ergebnisse aus den verschiedenen Forschungsprojekten berücksichtigt, von den zellulären bis zu den physiologischen Wirkungen.

In der Bevölkerung sind Personen unterschiedlichen Alters und mit unterschiedlichem Gesundheitszustand vertreten.

Auch die schwächste Gruppe muß bei der Bewertung berücksichtigt werden, ebenso die außerordentlich kleine Gruppe von besonders sensiblen Personen.

Deshalb wird für die Dauerexposition von 24 Stunden pro Tag vom internationalen Strahlenschutzverband (INIRC/IRPA, 1990) [10] ein abgeleiteter Grenzwert für die elektrische Feldstärke von 5 kV/m und für die magnetische Flußdichte von 100 µT empfohlen.

Diese Werte bilden auch die Basis für die Bewertung der Situation in der Nähe von Bahnanlagen. Bei Einhaltung dieser Grenzwerte sprechen alle bisher vorliegenden Erkenntnisse und Erfahrungen gegen gesundheitsschädigende Wirkungen.

Die Richtwertempfehlungen zur Vermeidung von technischen elektromagnetischen Störungen, wie z.B. die Beeinträchtigung von Datensichtgeräten ab 0,8 µT oder EKG und EEG-Anlagen ab 0,2 µT, liegen um ca. zwei Größenordnungen unter den Grenzwerten für den Personenschutz. Derartig niedrige Störschwellen beruhen auf dem Funktionsprinzip hochempfindlicher Geräte. Eine Reaktion dieser Geräte ist aber keinesfalls mit dem Auftreten von Gesundheitsstörungen gleichzusetzen.

Schlußkommentar

Entlang des Streckenabschnittes Berlin Zoologischer Garten - Savignyplatz wurde die von den Oberleitungen der Bahnanlagen bei Vorbeifahrt des „Inter City Express“ ICE ausgehende magnetische Flußdichte gemessen

und nach Betrag, Zeitverhalten und spektraler Verteilung analysiert und bewertet.

Die Fragen nach gesundheitlichen Risiken dieser niederfrequenten Magnetfelder waren aufgekommen, weil in Geschäfts- und Gewerberäumen in den Viaduktbögen unter den Gleisanlagen Bildstörungen an hochauflösenden Datensichtgeräten auftraten.

Die den Zugbetrieb begleitenden Magnetfelder entstehen entsprechend demzeitigem Fahrplan etwa alle zwei Stunden. Der Maximalwert in Höhe des Bahnsteiges betrug 6 µT. Im Bereich der gleisnahen Bebauung wurde maximal 1 µT registriert.

Gesundheitliche Gefährdungen oder Beeinträchtigungen sind nach dem gegenwärtigen Stand der Erkenntnis auszuschließen. Eine Notwendigkeit für Maßnahmen zur Verringerung der Exposition oder anderer Schutzmaßnahmen besteht nicht. Mit Ausnahme der Beeinflussung von CTR-Bildschirmen (Monitore) und medizinischen EKG- und EEG-Geräten sind Störungen an elektrischen Geräten nicht zu erwarten. ■

STICHWORTE

Nichtionisierende Strahlung, Magnetfeld, ICE

LITERATUR

[1] DIN VDE 0228 Teil 6 Entwurf: Beeinflussung von Einrichtungen der Informationstechnik - Elektrische und magnetische Felder von Starkstromanlagen im Frequenzbereich von 0 bis 10 kHz. Beuth Verlag Berlin, (1992).
 [2] DIN VDE 0848 Teil 1 - 4: Sicherheit in elektromagnetischen Feldern. Beuth Verlag Berlin.
 [3] Habiger u.a.: Elektromagnetische Verträglichkeit. Verlag Technik Berlin München, (1992).
 [4] A. Kohling, G. Zimmermann: Beeinflussung von Bildschirmarbeitsplätzen durch Magnetfel-

der. ETZ, 114, Heft 12, 1993.

[5] Brinkmann, Schaefer, Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme Band 3, VDE Verlag Berlin Offenbach, (1993)
 [6] H. J. Haubrich: Das Magnetfeld im Nahbereich von Drehstrom-Freileitungen. Elektrizitätswirtschaft Jg. 73, S. 511 - 517, (1974).
 [7] Kegel: Rechnergestützte Simulation dreidimensionaler elektrischer und magnetischer Felder im Nahbereich von Leitungen der elektrischen Energieversorgung - EMFP (Electro-Magnetic-Fields-Program). Fachhochschule Lübeck, Laboratorium für Hochspannungstechnik.
 [8] Firmenschrift: PAOOI, VAC - Vacuumschmelze GmbH, Hanau.
 [9] E. Jensch: Energieverbrauch und klimarelevante Emissionen. Der ICE im ökologischen Wettbewerb. Die deutsche Bahn, 9/10, (1993).
 [10] International Non-Ionizing Radiation Committee of International Radiation Protection Association (INIRC/IRPA): Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields; Health Phys. 58: 113-122, (1990).



AUTOR

Dipl.-Phys. Olaf Plotzke, geb. 1963; Studium der Physik an der Universität Bielefeld, Diplom 1990. Bis 1991 freiberufliche Tätigkeit als Dozent im Bereich

Computer Aided Design.

Seit 1991 Promotion am Fritz Haber Institut der Max-Planck-Gesellschaft Berlin, wissenschaftliche Arbeiten an den Instituten BESSY und DESY.

1992 Gründung der Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH, Funktion des geschäftsführenden Gesellschafters.

ANSCHRIFT DES AUTORS

Dipl.-Phys. Olaf Plotzke
 Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH
 Yorckstr. 60
 10965 Berlin

MITAUTOREN

Karsten Koffke, Elmar Stenzel, FHEU Berlin;
 Siegfried Eggert, Ingeborg Ruppe, Bundesanstalt für Arbeitsmedizin, Berlin

Meßfehler müssen nicht sein?

Fortbildungsseminar bei der 26. FS-Jahrestagung am 26. Mai 1994 in Karlsruhe

Das vom Arbeitskreis Ausbildung mitgestaltete und von Dr. H.-J. Pfeiffer, Villigen geleitete Seminar über Lehren aus häufig vorkommenden Meßfehlern war inhaltlich und didaktisch ein neuer - und erfolgreicher - Weg der Weiterbildung im praktischen Strahlenschutz. Die StrahlenschutzPraxis bringt - nach der Einführung und den „Beispielen bei der Messung mit Germanium- und NaI-Detektoren in Heft 1/95 und den „Beispielen aus dem Umfeld der Kernkraftwerke“ sowie „Aus der Praxis der Aufsichtsbehörde“ in Heft 2/95 - in diesem Heft die beiden restlichen Referate des Seminars und die Zusammenfassung. Damit ist die Serie „Meßfehler müssen nicht sein?“ abgeschlossen.

Beispiele aus der Praxis des TÜV

Klaus-Dieter Wünsch
TÜV Bayern Sachsen

Halbwertszeit

Bei einer Diskussion über die Emissionsüberwachung von Siedewasserreaktoren ging es auch um kurzlebige Edelgase, die theoretisch über den Kamin emittiert werden könnten. Dabei wurde auch die Emission von ^{16}N diskutiert und überlegt, wie man diese messen könnte.

„Wir können ja eine Luftprobe entnehmen und im Labor auswerten“, schlug ein Teilnehmer vor.

Er hatte nicht bedacht, daß das Labor etwa 90 km entfernt war und daß ^{16}N eine Halbwertszeit von nur 7,1 Sekunden hat (Abbildung 1).

Merke: Halbwertszeit und Transport sowie Meßzeit müssen in einem sinnvollen Verhältnis zueinander sein.

Übersteuerung

Bei der Inbetriebnahme wurde die nuklid-spezifische Edelgasmeßstelle in der

Fortluft mit radioaktivem ^{133}Xe und ^{85}Kr kalibriert. Die Anwesenden unterhielten sich angeregt über die Vor- und Nachteile von verschiedenen Strahlungsmeßgeräten. Inzwischen war die Meßzeit abgelaufen und der Vielkanal gestoppt. Zur Kontrolle wurde der Kalibrierfaktor [Bq/m^3 pro ips] direkt aus-

gerechnet. Er ergab sich als unerwartet hoch. Eine genaue Betrachtung des Spektrums zeigte, daß Kanäle „übergelaufen“ waren, d. h. die Anzahl der Ereignisse war in einigen Kanälen über die maximale Impulzhöhe pro Kanal gestiegen. Der Vielkanal fängt dann wieder bei Null an zu akkumulieren. Die Messung wurde mit kürzerer Meßzeit wiederholt (Abbildung 2).

Merke: Die Beschränkungen des Meßgerätes müssen erkannt und berücksichtigt werden.

Durchmischung

Die verschiedenen Meßgeräte für gasförmige radioaktive Stoffe in der Emissionsüberwachung eines Kernkraftwerkes zeigten deutlich unterschiedliche Konzentrationswerte an. Der Fehler wurde dem neueren, komplexeren Meßgerät angelastet, vor

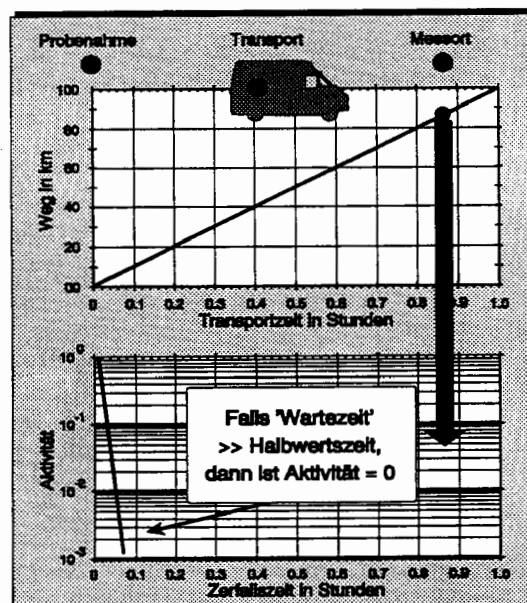


Abb. 1:
siehe Text

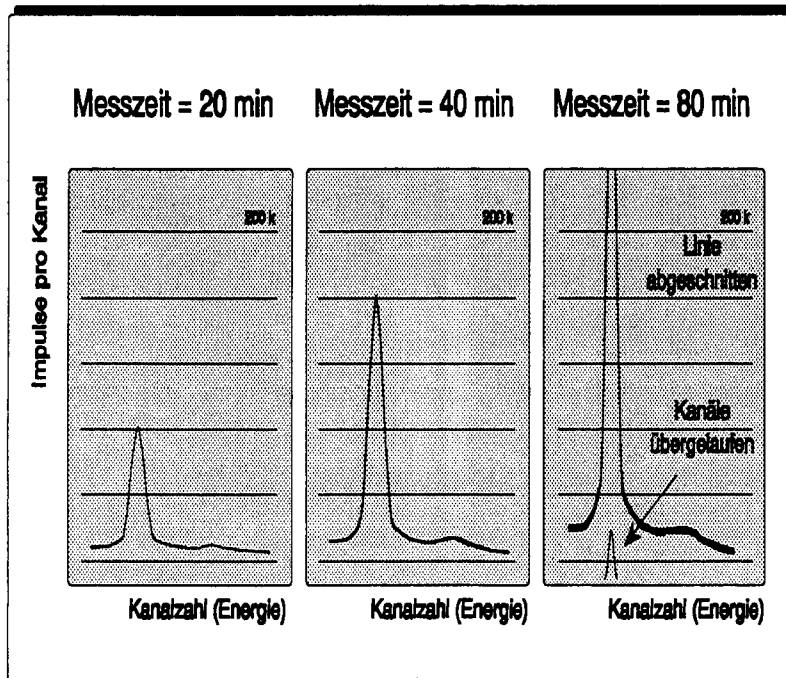


Abb. 2: siehe Text

allem, da die beiden integralen Meßstellen praktisch identische Meßwerte lieferten. Das neue Gerät wurde mehrfach gewartet, überprüft und kalibriert. Nach langem Probieren haben wir vorgeschlagen, den Fehler nicht bei den Meßgeräten zu suchen, da diese nach allem Anschein richtig funktionierten, wie ein Vergleich mit anderen Anlagen ergab. Es zeigte sich, daß der Fehler in der Probenahme aus dem Fortluftkamin zu suchen war. Es gab zwei Probenahmesysteme, die den Meßgeräten unterschiedliche Konzentrationen lieferten (Abbildung 3).

Merke: Nicht immer sind die Meßgeräte schuld. Die repräsentative Probenahme ist wichtig.

Meßfehler durch fehlende Programmanpassung

In einem Labor waren die nuklidspezifischen Meßplätze mit sehr guten, hochauflösenden Germaniumdetektoren ausgerüstet. Die Halbwertsbreite lag bei ca. 1,8 keV bei der 1.332 keV-Gammalinie von ⁶⁰Co. Bei niedrigeren Gammaenergien ist die Halbwertsbreite kleiner, z.B. 0,8 keV bei der 122-keV-Gammalinie von ⁵⁷Co.

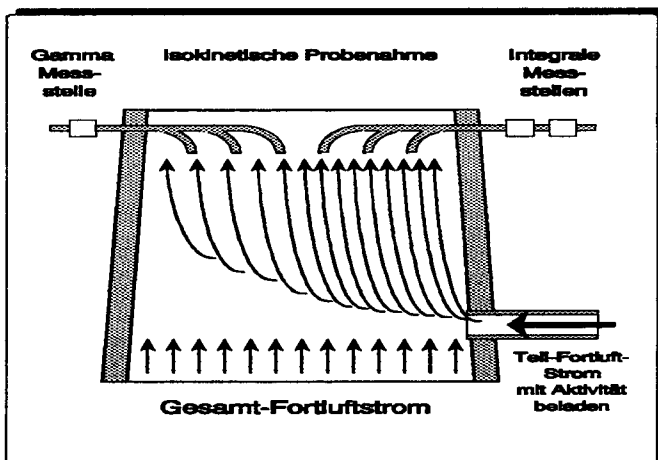


Abb. 3: siehe Text

Die elektronische Auflösung des ADC-Vielkanalanalysators wurde mit 1 Kanal pro keV recht niedrig gewählt. Dies führte dazu, daß besonders im niederenergetischen Bereich die Gammalinien mit nur 2 Kanälen aus dem Untergrund herausragten. Das benützte Programm hat aber gemäß der Spezifikation des Herstellers einen Algorithmus, der 3 Kanäle pro Gammalinie zwingend fordert, um ein Nuklid zu erkennen. Da die Zehntelhalbwertsbreite etwa 1,8 mal so groß ist wie die Halbwertsbreite, können Gammalinien, die eine bis zwei Größenordnungen höher als der Untergrund sind, durch das Auswerteprogramm nicht erkannt werden. Auch ein Markieren der Kanäle von Hand konnte den Rechner nicht umstimmen (Abbildung 4).

Merke: Die elektronische Auflösung muß auf 0,5 keV pro Kanal vergrößert werden.

Beispiele aus der Praxis des Geräteherstellers

Rupprecht Maushart
EG&G Berthold
Bad Wildbad

Fehlerursache: Umweltbedingungen

Jedes Strahlenschutz-Meßgerät ist konstruiert und ausgelegt für den Betrieb unter bestimmten Umweltbedingungen. Zu diesen Umweltbedingungen gehören in erster Linie Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck, aber auch mechanische Bedingungen wie Erschütterungen und Schock sowie elektrische Bedingungen wie Hochfrequenz- oder Magnetfelder. Vielfach werden durch technische Normen und Standards (DIN, IEC) oder durch Bauartzulassung, Mindestanforderungen für den jeweiligen Bereich dieser Umwelteinflüsse festgelegt, in dem das Meßgerät eingesetzt werden kann. In jedem Fall soll der Hersteller in der Betriebsanleitung Angaben darüber machen, wo die Grenzen des Einsatzbe-

reichs für sein Gerät jeweils liegen. Für die „natürlichen“ Einflußgrößen wie Temperatur und Feuchte ist das auch üblich; bei anderen „künstlichen“ Einflußfaktoren, wie Schock oder elektromagnetische Felder, finden sich häufig keine Angaben, woraus der geübte Benutzer schließen kann, daß sein Gerät in dieser Hinsicht keinen besonderen Schutz aufweist.

In jedem Fall werden Meßfehler auftreten, wenn ein Gerät unter Einflußbedingungen benutzt wird, die nicht den Herstellervorgaben entsprechen. Für einen solchen fehlerträchtigen Einsatz gibt es drei prinzipielle Ursachen: Entweder der Benutzer mißachtet - bewußt oder unbewußt - die Einschränkungen der Betriebsanleitung; oder er kennt diese Einschränkungen gar nicht, weil sie vom Hersteller nicht gemacht wurden; oder, und das ist fast am häufigsten der Fall, er kennt zwar die Einschränkungen, aber er ist sich nicht bewußt, daß am Ort und zum Zeitpunkt der Messung die Einflußparameter außerhalb dieser Grenzwerte lagen. Als Beispiele werden nachfolgend zwei Fälle geschildert, bei denen die entstandenen Fehlmessungen jedesmal zumindest teilweise darauf zurückzuführen sind, daß der Gerätehersteller darauf vertraut hatte, daß seine Geräte nur von genügend ausgebildeten Benutzern verwendet würden; demgemäß war in der Betriebsanleitung nicht ausdrücklich auf die jeweils aufgetretene Fehlerursache hingewiesen worden.

Die Radioaktivität im Steinbruch

Dieser Fall hat sich anfangs der 80er Jahre, also noch vor Tschernobyl, ereignet. Eine Gruppe von Umweltschützern wollte einem Gerücht nachgehen, daß in einem alten Steinbruch illegal radioaktive Abfälle deponiert worden seien. Als Meßgerät hatten sie, woher auch immer, einen Kontaminationsmonitor LB 1210 B zur Verfügung. An einem kühlen, taufrischen Früh-

jahrmorgen fuhren die Meß-Willigen zum Steinbruch, holten den Monitor aus dem Auto, gingen noch einige 100 Meter zu Fuß und schalteten dann das Gerät ein. Der Zeiger stand sofort am rechten Rand der Skala; für die Müll-Detektive war damit eine Strahlung nachgewiesen, die sogar die Meßbereichsgrenze vom 3.000 s^{-1} überschritt. Dies war das erwartete Ergebnis. Gegenproben an anderen Orten wurden erst gar nicht mehr gemacht. Der anschließende Wirbel war beträchtlich. Die offensichtliche Fehlmessung wurde auf ein „defektes Meßgerät“ zurückgeführt, das sich später allerdings völlig normal verhielt.

Was war geschehen? Der Monitor LB 1210 B ist als Laborgerät konzipiert und nicht für den Gebrauch im Freien geeignet. Insbesondere ist die Hochspannungszuführung zwischen Grundgerät und eingesetztem Großflächendetektor nicht gegen die Außenluft abgedichtet. Mit hoher Wahrscheinlichkeit hatte sich auf dem Isolator Feuchtigkeit niedergeschlagen und so zu Kriechströmen oder Überschlügen geführt. Dieser Effekt verschwindet nach dem Abtrocknen wieder.

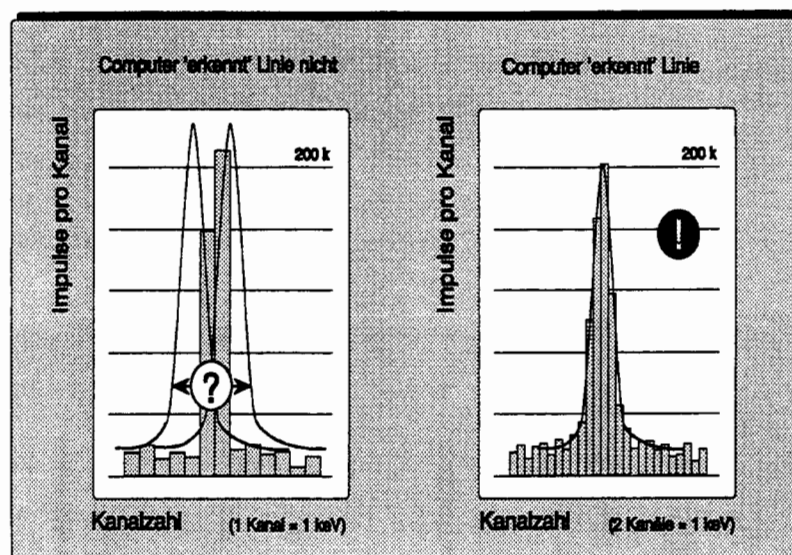
Ein erfahrener Benutzer hätte wohl noch an Ort und Stelle versucht, eine

Nulleffektmessung zu machen, und so zumindest erkannt, daß das Gerät nicht in Ordnung war. Aber es ist psychologisch nachvollziehbar, daß eine Messung, die das erwartete Ergebnis zeigt, nicht mehr nachgeprüft wird, - oft auch von „alten Hasen“ nicht. Auf diese Weise sind schon mehrfach Fehlmessungen zunächst unerkant geblieben. Auch der genau umgekehrte Fall tritt häufig auf: Ein unerwartetes Ergebnis wird erst einmal einem „defekten Gerät“ zugeschrieben. Die Lehre daraus: Vor und gegebenenfalls nach wichtigen Messungen immer Funktions- und Nulleffektprüfungen durchführen!

Die Radioaktivität im Luftfracht-Lager

Dieser Fall ist im Jahr 1992 passiert und hat fast das gleiche Grundmuster wie in der vorgenannten Geschichte. In einer Frachtlagerhalle am Flughafen Stuttgart wurde illegales, Radioaktivität enthaltendes Frachtgut aus den GUS-Staaten vermutet. Die „Suchmannschaft“ der Flughafen-Feuerwehr war mit mehreren Kontaminationsmonitoren des Typs LB 122 ausgerüstet. Vor Beginn der Messungen wurden die Geräte ordnungsgemäß kontrolliert und in Ordnung

Abb. 4: siehe Text



befunden. Beim Absuchen im Inneren des Schuppens wurde an mehreren Stellen Strahlung unterschiedlicher Intensität angezeigt, was man durchaus erwartet hatte; die Ursprungsorte der Strahlung schienen jedoch immer wieder andere zu sein und ließen sich kaum reproduzieren. Da man jedoch offenbar Radioaktivität gefunden hatte, wurde die Halle gesperrt und der Meßtrupp eines Kernkraftwerks hinzugezogen. Die detaillierte Nachprüfung ergab, daß die Erhöhungen des Meßwerts im Lagerschuppen nicht nur orts-, sondern auch zeitabhängig waren und sich in regelmäßigen Abständen von rund 5 Sekunden wiederholten. Damit war die Erklärung gegeben: Der Lagerschuppen befindet sich im Bereich der Keule eines Flughafenradars, und die Intensität des Radarstrahls war in dieser kurzen Entfernung noch groß genug, im Monitor eine Anzeige hervorzurufen; durch die kurzen zeitlichen Abstände waren die „Pulse“ auch verschmiert und ihre Regelmäßigkeit nicht leicht erkennbar. Schon wenige 10 m weiter war außerdem kein Einfluß mehr feststellbar. Der Hersteller hat dies zwar zum Anlaß genommen, die an sich schon vorhandene HF-Abschirmung des Geräts noch weiter zu verbessern, aber es gibt immer eine Intensität, die nicht mehr abschirmbar ist. Eine „Panzerung“ gegen den Intensitätswert von 10 kW/m^2 ist bei einem Kontaminations-Monitor nicht machbar. Zugegeben: Der Hersteller nennt in der Bedienungsanleitung keinen Grenzwert für eine HF-Intensität bei der Frequenz von 2 GHz; aber selbst wenn, ist fraglich, ob der Wert der Suchmannschaft geläufig gewesen wäre, und ob er sie von der Verwendung dieses speziellen

Gerätetyps abgehalten hätte. Hier hilft nur die Erfahrung des Benutzers und das generelle Wissen um die Störmöglichkeiten durch den Radarstrahl, das bei der Meß-Ausbildung vermittelt werden müßte.

Zusammenfassung

H.-J. Pfeiffer,
Paul Scherrer Institut
CH 5232 Villigen PSI

Wie wir aus den 'Beispielen aus der Praxis' gesehen haben, entstehen die meisten Fehler bei Strahlenschutz-Messungen durch die mangelnden Kenntnisse der Anwender und im allgemeinen nicht durch Unzulänglichkeiten der Meßgeräte als solche. Wollen wir, daß die Anzahl der Meßfehler möglichst gering wird, so müssen wir alle gemeinsam unseren Beitrag dazu leisten: Der Anwender, der Ausbilder und der Gerätehersteller. Was kann der einzelne nun dazu beitragen?

Ich denke, jeder **Anwender** sollte selbst dafür sorgen, daß er für seine Meßaufgabe genügend gut ausgebildet wird. In den meisten Fällen führt deshalb kein Weg daran vorbei, einen Strahlenschutzkurs zu besuchen, in dem die Meßtechnik praxisorientiert gelehrt wird. Spezielle Meßaufgaben wie z.B. Messungen mit Ge(Li) - und NaI-Detektoren und die Interpretation der Ergebnisse erfordern Spezialkurse. Aber Achtung, trotz aller Kurse kann es auch für einen erfahrenen Meßtechniker gefährlich sein, wenn er glaubt, das Ergebnis seiner Messung schon vor der Messung zu kennen, oder die Meßergebnisse zu wenig kritisch hinterfragt. Eine wichtige Voraussetzung beim Messen ist deshalb Unvoreingenommenheit und ein kriti-

scher Verstand. Denn nicht selten ist auch beim Messen der Wunsch der Vater des Meßresultats.

Problematischer wird es, wenn Laien in der Strahlenschutz-Meßtechnik aktiv werden. Ich denke dabei an den Wissenschaftler, der wissen will, ob seine Mitarbeiter genügend gut geschützt sind und deshalb glaubt, er müsse doch auch mal schnell messen. Ein Nachfragen bei einem Kollegen vom Strahlenschutz oder ein Blick in die Betriebsanleitung des Gerätes, sofern diese verständlich geschrieben ist, würde in diesem Zusammenhang manchen Meßfehler vermeiden helfen. Deshalb ist es Aufgabe von uns allen, möglichst viele Leute davon zu überzeugen, daß auch das Messen im Strahlenschutz gelernt sein will und daß deshalb der Besuch von Kursen wichtig ist.

Was kann der **Kursveranstalter** beitragen? Der Kursveranstalter sollte die Kurse praxisorientiert durchführen. Das bedeutet, daß der Ausbilder auf die Eigenschaften und den Einsatzbereich der wichtigsten Meßgeräte eingehen muß. Die Diskussion über wirklich gemachte Meßfehler könnte dabei sehr lehrreich sein. Das bedeutet aber wiederum, daß der Ausbilder nahe an der Praxis stehen und engen Kontakt zum Anwender pflegen muß, um die nötigen Informationen zu erhalten. Eine wichtige Hilfe für den Ausbilder sind auch kurz und prägnant gefaßte Betriebsanleitungen für die einzelnen Meßgeräte. Ich denke an eine A4-Seite, auf der die wichtigsten Eigenschaften und die korrekte Bedienung des Gerätes zusammengefaßt sind.

Und damit wäre als letzter und wichtiger Partner im Kampf gegen den Meßfehler der **Gerätehersteller** angesprochen. Es müßte sein Ehrgeiz sein, auch die Manuals so perfekt zu gestalten wie die Geräte selbst, perfekt auch im Hinblick auf den Laien oder die Person, die nur gelegentlich Messungen durchführt. Ich könnte mir eine Kurzanleitung nach

Bewertung epidemiologischer Studien

FS-AKS-Weiterbildungsseminar im September 1993 in Binz auf Rügen
Der Seminar-Berichtsband liegt jetzt vor und kann von FS-Mitgliedern kostenlos beim Sekretär des AKS, Dr. H. Pfob, bezogen werden.

Kochrezept gemäß Betty-Bossi-Kochbücher vorstellen. Dies sind Kochbücher, die für den Laien geschrieben wurden und in der Schweiz sehr beliebt sind. Es macht Spaß, die Bücher zu benutzen, und die Rezepte gelingen immer ... fast immer, womit ich sagen will, daß jeder, der mißt, auch einmal Mist mißt, da ja er-rare wirklich humanum est. □

Kurse und Weiterbildung

Radioaktive Altlasten, Umweltra-dioaktivität

26.-27. Oktober 1995, TÜV-Akademie München
Fax 089 5791 2247

Neue Modelle und Konzepte der Inkorporationsüberwachung

**FS-Fortbildungstagung Reinhardsb-
brunn, 8.-10. Februar 1995 in
Friedrichsroda.**

Der Arbeitskreis Inkorporationsüber-wachung (AKI) des FS hat die Vor-tragsfolien der Referenten dieser er-folgreichen Veranstaltung in einem umfangreichen Ringhefter zusam-mengestellt. Auskunft über Bezugs-

möglichkeiten: Dr. A. Dalheimer, BFS/ISH, D-85762 Oberschleißheim. Der FS wird diese Fortbildungsta-gung in regelmäßigen Abständen mit anderen Themen weiterführen. Anregungen dazu nimmt Frau Prof. Dr. B. Dörschel, Inst. f. Strahlen-schutzphysik, TU Dresden, D-01062 Dresden, gerne entgegen. □

ERPET: European Radiation Protec-tion Education and Training Programme:

* Radon: indoor risk and remedial actions
Stockholm, 10. - 15. Sept. 1995
CEC DG XII + SSI Stockholm

*** Training Course on Medical As-pects of Radiation Accident Mana-gement**

26. - 29.2.1996, Schloß Reisenburg, D Prof. Dr. T.M. Fliedner, Univ. Ulm, D-89070 Ulm
Fax: +49-731-502341 ■

„Überwachung der Umweltradioaktivität“: In situ-Gamma in der REI ein Kuckucksei?

München-Neuherberg, 25.-27. April 1995

Das 9. Fachgespräch Umweltüberwachung - veranstaltet vom Bundesamt für Strahlenschutz, repräsentiert durch Prof. Dr. Bayer -, das durch den gesamten Themenkreis der Überwachung der Umweltradioaktivität führte, versprach viel und enttäuschte wohl kaum einen der Teilnehmer. Hochinteressant war es wie seine Vorgänger und an einem attraktiven Ort wie München. Natürlich machte sich die Welle der Sparsamkeit bei den Kommunen auch hier bemerkbar; während es beim 8. Fachgespräch 1990 in Berlin einen Empfang bei der Umweltsenatorin gab, reichte es in München für keine offizielle gesellschaftliche Veranstaltung mehr. Dafür bot das Tagungsprogramm mit

einem Überblick über die einschlägigen neuen Regeln und Richtlinien, neuen bzw. verbesserten Meßverfahren, Erfahrungen bei der Emissions-, der Umgebungs- sowie der Umweltradioaktivitätsüberwachung bis hin zur Verbesserung von Ausbreitungsmodellen exzellente und meist nicht allzu schwer verdauliche Kost. Im Rahmen dieses Kurzberichts können naturgemäß nur wenige Aspekte schlaglichtartig erwähnt werden. Ein Höhepunkt bei den neuen Meßverfahren war zweifellos der von einer Gruppe der Universität Mainz entwickelte Einsatz der Lasermassenspektrometrie zur Überwachung der Umweltradioaktivität. Das Verfahren ist schnell und bei den langlebigen Radionukliden

um mehrere Größenordnungen empfindlicher als die radiometrischen Verfahren. Der mit 0,5 Mio. DM genannte, relativ hohe Preis dürfte zwar einer weit verbreiteten Anwendung hinderlich sein, sollte aber dem Einsatz in einigen wenigen hochempfindlichen Spurenanalyse-Laboratorien nicht im Wege stehen. H. Rühle wies in seinem Vortrag über die zur Überwachung der Umweltradioaktivität erforderlichen Meßverfahren und den Stand der Entwicklung darauf hin, daß mit der jetzt zum Versand anstehenden Teillieferung die Meßanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität zusammen mit den einschlägigen FS/AKU-Empfehlungen eine weitgehend komplette Darstellung von Meßverfahren enthalten. Beeindruckend war an dem Vortrag

von H. Hecht über erste Ergebnisse eines bayernweiten Monitorings zur objektiven Bestimmung der Radiocäsiumkontamination des Wildes, daß deren Medianwerte in geschlossenen Waldgebieten relativ hoher Kontamination ungeachtet jahreszeitlicher Schwankungen seit 1991 praktisch nicht mehr abnehmen.

Die in situ-Gammaspektrometrie, von der allgemeinen Umweltradioaktivitätsüberwachung (IMIS) berechtigterweise in das Störfall/Unfall-Meßprogramm der neugefaßten Richtlinie für die Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) übernommen, spielt hier wohl vielerorts die dominierende Rolle. So wurde von einem Kernkraftwerk berichtet, bei dem die Hälfte der Orte für das Störfallmeßprogramm deshalb geändert wurde. Wohl zu spät versuchte J. Narrog dem Kuckuck die Flügel zu stutzen, wies darauf hin, daß im Störfall/Unfall die Messung der Gammaortsdosisleistung sowie die Bestimmung der Konzentration radioaktiver Stoffe in der Luft die prioritären Aufgaben seien und mahnte zur Vorsicht bei erwogenen Ortsveränderungen. Im übrigen zeigte der Vortrag von I. Winkelmann, daß mit der in situ-Gammaspektrometrie vom Hubschrauber aus für Ereignisse vom mittelschweren Störfall an aufwärts ein wesentlich besseres und schnelleres Meßsystem dafür zur Verfügung steht. In diesem Zusammenhang verdient auch der Vortrag von K. Heinemann über die Bestimmung von Bodenkontaminationen mit dem CORAD-System Beachtung. Dieses in situ-System, ein NaJ-Kristall mit Einkanal-Gammaspektrometer ist robust, schnell und stellt nur geringe Anforderungen an die Beschaffenheit des Meßorts. Dennoch wird das CORAD-System aus verschiedenen Gründen, u.a. wegen der geringeren Empfindlichkeit (NWG für ^{137}Cs bei 18 kBq/m^2) die von Landfahrzeugen aus betriebene in situ-Gammaspektrometrie kaum verdrängen können.

Der letzte Tag war dann der Vorstellung von Transfer- und Expositionsmo-
dellen für die Pfade Luft und Wasser und von Auswerte- und Entscheidungs-
hilfssystemen vorbehalten.

Das sonst nicht sehr diskussionsfreundliche Plenum, wohl eine Folge des sehr engen Zeitrahmens, war nach dem Vortrag von E. Eder vom Bayerischen Umweltministerium kaum zu bremsen. Er berichtete über die Installation eines einfach handhabbaren Programms zur Berechnung der Strahlenexposition nach unfallbedingter Freisetzung und provozierte damit natürlich offene Fragen nach einem entsprechenden bundeseinheitlichen System und nach der Bedienbarkeit solcher Systeme durch ein im Ereignisfall gestreßtes und zahlenmäßig sehr begrenztes Personal. H. Edelhäuser verwies in diesem Zusammenhang auf die Fortschritte beim Deutsch-Französischen Modell.

Ein Glanzlicht und ein Beispiel für klare und engagierte Vortragsweise war der Erfahrungsbericht über das schweizerische Entscheidungshilfssystem durch A. Schenker. Hier wurde auch einmal nach den Kosten für den Steuerzahler gefragt und darauf hin-

gewiesen, daß breite Akzeptanz der Öffentlichkeit geschaffen werden muß.

Leider kam infolge der fortgeschrittenen Zeit zum Ende des Fachgesprächs die Diskussion über die Information der Öffentlichkeit über die Umweltradioaktivität etwas zu kurz. Vielleicht sollte diesem wichtigen Thema beim nächsten Fachgespräch höhere Priorität eingeräumt werden, und zwar nicht unbedingt nur für technisch-fachliche Details. In seinem Schlußwort regte A. Bayer übrigens an, für die Fachgespräche in Zukunft zu einem zweijährlichen Rhythmus überzugehen.

Zum Abschluß noch eine Bemerkung bzw. Beobachtung für die gestreßten Programmverantwortlichen und Kurzvortragenden: Für den Zuhörer sind Kurzvorträge sehr angenehm. Er erhält einen Überblick und nur in seltenen Fällen interessieren ihn Details. Nach denen kann er ja in der Diskussion fragen - falls dafür Zeit bleibt! Deshalb Mut zum Kurzvortrag, aber danach 5 Minuten Zeit zur Diskussion. Kommt in dieser Zeit keine Frage, kann der nächste Vortrag angeschlossen werden. **J.Narrog, R.Winkler** □

2. Internationaler Kongreß der GfS

Berlin, 28. April - 1. Mai 1995

Der 2. Internationale Kongreß der Gesellschaft für Strahlenschutz fand in der Zeit vom 28. 4. bis 1. 5. 1995 zum Thema „100 Jahre Röntgen: Medizinische Strahlenbelastung - Bewertung des Risikos“ in Berlin statt. Anwesend waren 70-100 Teilnehmer aus Deutschland, USA, Großbritannien, Schweden, Niederlande, Österreich, Schweiz, Spanien und der IAEA. Es wurden 37 Vorträge in 8 aufeinanderfolgenden Sektionen gehalten. Dem Kongreß ging eine Pressekonferenz voraus, die von ca. 20 Journalisten besucht wurde.

Erklärtes Ziel des Kongresses war, über die durch die Röntgendiagnostik verursachte individuelle und kollektive Strahlenbelastung zu informieren, auf die damit in Zusammenhang stehenden Risiken hinzuweisen und potentielle Möglichkeiten der Dosisreduzierung in der Röntgendiagnostik zu diskutieren.

In einer Reihe von Vorträgen wurde dieses Ziel objektiv verfolgt und Untersuchungen vorgestellt, die in Kritik an ungerechtfertigten ärztlichen Indikationen, mangelhafter Untersuchungsdurchführung und veralteter Technik re-

sultierten. Beklagt wurden fehlende bzw. unzureichende Vorschriften zur strengeren Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik. Im Ergebnis der hierzu geführten Diskussion faßte die GSS den Beschluß, eine spezielle Arbeitsgemeinschaft ins Leben zu rufen, die Empfehlungen und Leitlinien zur gängigen Röntgen-Untersuchungspraxis erarbeiten soll. Diese AG will an ärztliche Prüfstellen und ministerielle Entscheidungsträger herantreten, um diese in die Erarbeitung dieses Regelwerkes einzubeziehen.

Der Grundtenor des überwiegenden Anteils der übrigen Vorträge war jedoch von dem Bestreben gekennzeichnet, den Nachweis zu führen, daß die Röntgendiagnostik mit einem Risiko behaftet sei, das in vielen Diagnostikbereichen im Sinne der Nutzen-Risiko-Betrachtung nicht akzeptiert werden kann. Bei den hierzu angeführten Berechnungen der zu erwartenden Krebsfälle wurde zwar stets darauf hingewiesen, daß die herangezogenen Risikofaktoren Publikationen internationaler Fachgremien (ICRP, BEIR) entnommen wurden, die in die Betrachtungen eingebrachten Dosiswerte jedoch in jedem Fall als kumulativ unterstellt und unabhängig von Dosisbereich und zeitlicher Abfolge der Untersuchungen aufaddiert. Die Wirkung zellulärer Repairprozesse wurde grundsätzlich ignoriert. So wurde z.B. festgestellt (und vom Auditorium kritiklos hingenommen), daß durch röntgendiagnostische Untersuchungen gesetzte DNA-Schäden kumulieren würden und damit jede Gewebe- bzw. Organdosis karzinogen sei. Dabei wurde die biologische Wirkung wiederholter Röntgenuntersuchungen mit den gefahrenen Kilometern eines Autos verglichen. Bei der Diskussion des Nutzens und Risikos regelmäßiger Röntgenkontrolluntersuchungen der weiblichen Brust verstieg man sich gar zu der Feststellung, Mamma-Screening sei „gefährliche Körperverletzung mit Todesfolge ...“ (Beifall des Auditoriums). Diese Philosophie wurde durch Publika-

tion entsprechender - berechneter - Zahlen über Krebstodesfälle infolge röntgendiagnostischer Untersuchungen illustriert. Ungeachtet der in breiten Fachkreisen vorhandenen Bedenken hinsichtlich der Unsicherheit und Anwendbarkeit von Risikoabschätzungen in der Medizin auf der Grundlage der Daten über die Überlebenden der Atombombenexplosionen wurde der Öffentlichkeit Mitteilung über 20.000 bis 40.000 jährliche Krebstote in Deutschland durch Röntgenuntersuchungen gemacht. Derartige Informationen sind allerdings geeignet, die Absicht der GSS, das ihrer Meinung nach unakzeptable Nutzen-Risiko-Verhältnis beim Röntgen zum Vorteil des Patienten zu verändern, ad absurdum zu führen, da die abschreckende Wirkung dieser Zahlen manchen Patienten zur Ablehnung notwendiger Untersuchungen veranlassen kann. Auf der eingangs erwähnten Pressekonferenz wurde in diesem Zusammen-

hang die vom Bundesamt für Strahlenschutz gegebene Bewertung des Risikos der Röntgendiagnostik, die dieses als hypothetisch einordnet (Strahlenthermen Dezember 1994; Röntgendiagnostik: schädlich oder nützlich), kritisiert und angekündigt, dieser Aussage entschieden entgegenzutreten zu wollen. Dieses Ziel wurde auf dem Kongreß mit Nachdruck verfolgt. Andere Vorträge befaßten sich mit Leukämieclustern in der Nähe von Kernanlagen. Bei Wiederholung und unterschiedlicher Bewertung der bekannten Fakten wurden von den Vortragenden den bisherigen Versuchen der Herstellung eines Kausalzusammenhanges zwischen Cluster und Kernanlage nur begrenzte Aussagekraft beigemessen und auf weitere Fall-Kontroll-Studien verwiesen. Besonders die Vorträge einiger Kongreßteilnehmer aus den USA vertraten eindeutig und polemisch die Linie der Kernenergieopposition.

N. Dymke □

20th Workshop on Radiation Protection

Balatonkenese (Ungarn), 17.-19.Mai 1995

Diese von der Health Physics Section der Roland Eötvös Physical Society veranstaltete Tagung unter der Präsidentschaft von Istvan Feher, Budapest, wurde - mit Ausnahme eines (halben) „International Day“ - in ungarischer Sprache abgehalten. Die 6 Fachsitzungen behandelten als Themen Medical Radiation Protection, General Radiation Protection, Occupational Radiation Protection, Measuring Techniques in Radiation Protection, Education, und Nuclear Environmental Surveillance and Monitoring. Insgesamt hatte die Tagung etwa 120 Teilnehmer. Der internationale Teil brachte vor rund 50 Zuhörern sieben Vorträge (AU, D, I, P, ROM, 2xS) in englischer Sprache zu allen Gebieten des Strahlenschutzes. Den deutschen Beitrag

mit dem Titel „Radioactive Residues: Definitions, Protection Objectives, and Scenarios for Exemption, Clearance, and for Waste in Germany“ lieferte D. Ehrlich, BfS Braunschweig, der auch auf Einladung von ungarischer Seite hin als offizieller Vertreter des Fachverbands für Strahlenschutz an der Tagung teilnahm.

Der Sekretär der ungarischen Gesellschaft, Dr. Sandor Pellet, hat die Kontakte zum FS sehr begrüßt und möchte sie auch weiterhin ausbauen. Er beabsichtigt an der FS-Jahrestagung 1996 teilzunehmen und hat auch seinerseits wieder eine Einladung für die ungarische Tagung in diesem Jahr ausgesprochen.

R. Maushart nach Unterlagen von D. Ehrlich □

Aktuelle Entwicklungen in der Dosimetrie

Kolloquium der Hauptabteilung Sicherheit, Forschungszentrum Karlsruhe, 13. Juni 1995

Im Forschungszentrum Karlsruhe wurden in den letzten 35 Jahren neue (dosimetrische) Meßverfahren für die Strahlenschutzüberwachung entwickelt, erprobt und in die Routineüberwachung eingeführt: Verfahren wie der NTA-Kernspurfilm als amtliches Neutronendosimeter 1962, das Phosphatglas in Form des Kugeldosimeters 1967, ein Edelstahlring mit einem Thermolumineszenzdetektor als Teilkörperdosimeter, das Albedoneutronendosimeter 1986 als Nachfolger des Kernspurfilms, Radondosimeter und last not least das Flachglasdosimetriesystem mit seiner 1992 erreichten Bauartzulassung und dessen Einführung in die amtliche Personenüberwachung. Änderungen in den Arbeitsschwerpunkten des Forschungszentrums in den letzten Jahren haben dazu geführt, daß das langjährige F&E-Programm zum Themenkomplex „Externe Dosimetrie“ zum Jahresende 1994 eingestellt wurde. Aus diesem Anlaß und dem nahezu zeitgleichen altersbedingten Ausscheiden des langjährigen Leiters der HS-Abteilung „Dosimetrie“, Herrn Ernst Piesch, fand am 13.06.95 im Forschungszentrum Karlsruhe ein Kolloquium zum aktuellen Entwicklungsstand der dosimetrischen Meßtechnik mit über 200 Teilnehmern aus Deutschland, der Schweiz, Österreich und Großbritannien sowie Vertretern der Europäischen Union und der IAEA statt.

Nach der Eröffnung der Veranstaltung durch den Vorsitzenden des Vorstands des Forschungszentrums Herrn Dr. Popp und Grußworten des Wahlpräsidenten des Fachverbandes für Strahlenschutz Herrn Dr. Becker eröffnete Herr Prof. Dr. W. Kraus, Leiter der Dienststelle Berlin des Bundesamtes

für Strahlenschutz, mit einem einführenden Vortrag „Strahlenschutz und Strahlenschutzdosimetrie: Versuch einer kritischen Bilanz“ den wissenschaftlichen Teil des eintägigen Kolloquiums. Er gab einen eindrucksvollen Überblick über das derzeitige Anforderungsprofil an die dosimetrische Meßtechnik vor dem Hintergrund der aktuellen internationalen Empfehlungen und der neudefinierten Meßgrößen durch ICRP und ICRU. Er wies in seinem Vortrag aber auch auf ein gewisses Defizit in der Behandlung des größten zivilisatorisch bedingten Dosisbeitrags durch das Edelgas Radon hin.

In der ersten von Herrn Prof. Dr. G. Dietze, dem Leiter der Abteilung Atomphysik der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt Braunschweig, geleiteten Sitzung zum Themenkomplex „Externe Dosimetrie“ wurde in Vorträgen zur Photon-, Beta- und Neutronendosimetrie durch die Herren Dr. P. Ambrosi und Prof. Dr. W. G. Alberts, beide PTB Braunschweig, vor dem Hintergrund der PTB-Bauartprüfung ein aktueller Überblick über die derzeit erreichten dosimetrischen Eigenschaften der in der amtlichen Dosimetrie eingesetzten Verfahren gegeben. Es hat sich gezeigt, daß ein hoher Stand in dieser Meßtechnik bereits heute erreicht wird, aber daß auch hier noch weiterer Entwicklungsbedarf besteht. Dr. D. T. Bartlett, NRPB Chilton UK, zeigte in seinem Vortrag mit dem Schwerpunkt „elektronische Personendosimeter“ den derzeitigen Leistungsstand in dieser „modernen Art von Personendosimeter“. Es wurde deutlich, daß es derzeit nur wenige kommerzielle Systeme gibt, die hinsichtlich ihrer dosimetrischen Eigenschaften mit den klassischen Festkör-

perdosimetern konkurrieren können, und daß in diesem Bereich doch noch erheblicher Verbesserungsbedarf besteht. Im abschließenden Vortrag in dieser Sitzung stellte Herr Dipl.-Ing. B. Burgkhardt, Forschungszentrum Karlsruhe, den hohen Entwicklungsstand der Karlsruher Dosimetriesysteme vor. Besonders hervorzuheben ist hier der von keinem anderen System erreichte hohe Stand des Flachglasdosimetriesystems, welches als „nahezu ideales“ Dosimeter hervorragende Eigenschaften hinsichtlich Energieabhängigkeit, Nachweispfindlichkeit, Meßunsicherheit und Fading aufweist.

Die zweite Sitzung des Kolloquiums, geleitet von Herrn PD Dr. M. Urban, Forschungszentrum Karlsruhe, befaßte sich mit dem Thema „interne Dosimetrie“. Schwerpunkte hierbei waren in einem Vortrag von Frau Prof. Dr. B. Dörschel, Leiterin des Institutes für Strahlenschutzphysik der Universität Dresden, die Messung der Konzentration des Edelgases Radon in Luft mit passiven Verfahren und Körperstoffwechselmodelle im Vortrag von Herrn Dr. H. Doerfel, Forschungszentrum Karlsruhe. Frau Prof. Dörschel stellte ein theoretisches Modell zur Beschreibung der Energieabgabe von Alphateilchen in Kunststoffen und dessen Anwendung zur Optimierung von Kernspurätzverfahren vor und zeigte anhand der Ladungsverteilung auf der Oberfläche eines kommerziell eingesetzten Elektrets die Grenzen dieser Art von Meßtechnik. Dr. Dörfel stellte ein von ihm entwickeltes Stoffwechselmodell den derzeitigen ICRP-Modellen gegenüber und zeigte am Beispiel einiger realer Inkorporationsfälle die Grenzen der derzeit verfügbaren Modelle bei der Abschätzung der Körperdosen auf. Insgesamt zeigten beide

Vorträge einen großen zukünftigen Forschungsbedarf in beiden Arbeitsgebieten der internen Dosimetrie. In der Abschlußdiskussion zum Thema „Aktuelle Entwicklungen in der Dosimetrie: Stand von Wissenschaft und Technik einerseits - Umsetzung in die Strahlenschutzpraxis andererseits - ein Problem?“ wurde teilweise kontrovers dis-

kutiert. Standpunkte wie „begrenzte F&E-Mittel sollten bevorzugt in Bereichen eingesetzt werden, wo das größere Defizit besteht“ - interne Dosimetrie - und „Bauartzulassung von externen Dosimetriesystemen haben gezeigt, daß weiterer Verbesserungsbedarf besteht“, standen sich gegenüber. Daß in der Einführung von Meßsystemen, die dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen, in die amtliche Dosimetrie derzeit erhebliche Probleme bestehen, wurde in allen Diskussionsbeiträgen ausdrücklich bedauert. Die einzelnen Vorträge werden als FZK-Bericht veröffentlicht und voraussichtlich im Oktober allen Teilnehmern zugesandt. **Manfred Urban ■**

man weiß, wo man steht. Es wird aber auch deutlich, was es kosten wird, hier eine dauerhafte Sanierung durchzuführen. In die kommende Entscheidungsfindung müßte allerdings auch die wohl noch weniger gut bekannte Lage in Gebieten mit anderen, vor allem militärischen, nuklearen Altlasten der ehemaligen Sowjetunion einbezogen werden, bevor alle verfügbaren Mittel auf Tschernobyl konzentriert werden. **Hans Brunner □**

Was ist los in Tschernobyl?

„Sarcophagus Safety '94“

- The State of the Chernobyl Nuclear Power Plant Unit 4

Proceeding of an International Symposium, Chernobyl, Ukraine, 14-18 March 1994. OECD Documents, ISBN 92-64-14437-4 NEA/OECD Nuclear Energy Agency 1995 OECD, Publications, 2 Rue Andre Pascal, F-75775 Paris CEDEX

Die englische Übersetzung der Überwiegend von ukrainischen und russischen Fachleuten gehaltenen Vorträge mit vielen Abbildungen, Grafiken und Tabellen gibt ein detailliertes Bild der Sanierungsarbeiten nach dem Unfall, von der Konstruktion und dem heutigen Zustand des „Sarkophags“, vom Zustand im Innern bezüglich nuklearer Sicherheit und Strahlenschutz und vom Gesundheitszustand des eingesetzten Personals. Risikostudien, etwa für den Fall des Absturzes des schräg hängenden Reaktordeckels infolge Erdbebens oder Tornado, werden ebenso beschrieben wie die zum Teil außergewöhnlichen und originellen Untersuchungs- und Meßmethoden, zum Beispiel Ermittlung dreidimensionaler Dosisverteilungen in der Halle durch Messung der paramagnetischen Elektronen-

Resonanz an durch Öffnungen im Dach herabgelassenen Glaskabeln. Man gewinnt den Eindruck, daß eine große Zahl fähiger Fachleute mit viel Einsatz die Lage erkundet und offen dargestellt hat, und daß

Resonanz an durch Öffnungen im Dach herabgelassenen Glaskabeln. Man gewinnt den Eindruck, daß eine große Zahl fähiger Fachleute mit viel Einsatz die Lage erkundet und offen dargestellt hat, und daß

In Erwartung der Katastrophe

Expecting Disaster - Risk and Impending Disaster in a Historical and Social Perspective

Geoffrey Greenhalgh, Center for Risk Research, Stockholm School of Economics, gotab, Stockholm 1994, ISSN 1101-9689, 161 p.

Der Verfasser dieser Studie war u.a. Chemiker in der Ölindustrie und im Kernforschungszentrum Harwell, Direktor des British Nuclear Forum und Generalsekretär von Foratom, heute ist er Berater von IAEA und OECD. Er beschreibt anhand von Literaturzitate aus vielen Jahrhunderten die Einstellung zu Risiken und Katastrophen, von Kain und Abel bis zur Furcht vor Kernenergie, die Einstellung zum Tod, die Denkweise der ideologischen Umweltschützer, die Angst vor sozialen

Katastrophen, die gesteigerte Katastrophenerwartung bei Jahrtausendwenden, die wir ja aktuell bei verschiedenen Sekten erleben, die mythologischen und mystisch-magischen Hintergründe. Es werden auch die Gründe gezeigt, warum viele Leute für sachliche Argumente nicht zugänglich sind und Öffentlichkeitsarbeit oft nicht rasch den erhofften Erfolg bringt - die CASTOR-Wirren sind dafür ein kostspieliges Beispiel. Die historische Erfahrung zeigt, daß jede Veränderung und jeder Fortschritt neue Risiken brachten, daß diese aber alle mit der Zeit akzeptiert wurden und daß sich Veränderungen und Fortschritt nicht zurückdrehen lassen.

Hans Brunner □

Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen

Vertrieb: TÜV Rheinland, IKS, D - 51101 Köln,

Tel.: 0221/806-2542, Fax: 0221/806-1754, 1994, 337 S. / DM 98,—

Aufgrund des Strahlenschutzvorsorgegesetzes der Bundesrepublik Deutschland hat nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen der Bund das Recht und die Pflicht, aufgrund des Ereignisses resultierende Kontaminationen der Umwelt zu bewerten und aus dieser Bewertung heraus schließlich Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition (z. B. Verbote, Einschränkungen, Empfehlungen) abzuleiten. Zur Unterstützung der mit dieser Bewertungsaufgabe betrauten Personengruppen wurde von einer Arbeitsgruppe des Ausschusses „Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer An-

lagen“ der SSK unter Zuarbeit des TÜV Rheinland und des BFS/ISH eine fachliche Hilfe in Form einer Maßnahmenübersicht erstellt. Inhaltsmäßig sind in der Übersicht auf der Basis der bisherigen Literatur alle Maßnahmen zusammengestellt, die im Zusammenhang mit dem Ziel der Verringerung der Strahlenexposition diskutiert worden sind. Die Zusammenstellung betrachtet wegen der prinzipiellen Gleichartigkeit der Kriterien, wegen der Gleichzeitigkeit und wegen der personellen Verflechtung sowohl Vorsorgemaßnahmen als auch Katastrophenschutzmaßnahmen. Die Maßnahmen werden nach Wirkungsweise, Durchführbarkeit und Effizienz

beschrieben und abgeleitete Richtwerte (Meß-/ bzw. Prognosewerte der Umweltkontamination) mit entsprechend realistischen Modellen berechnet. Die Übersicht wird ergänzt durch tabellarische und graphische Arbeitshilfen (z.B. Nomogramme) sowie durch eine Zusammenstellung der zugrundegelegten Modelle und Daten. Insgesamt bietet die Maßnahmenübersicht nicht nur den Fachbeamten in den entsprechenden Ressorts in Bund und Ländern, sondern auch beratenden und unterstützenden Gremien, Institutionen sowie Betreibern und anderen fachspezifischen Einrichtungen eine umfangreiche, wertvolle und schnelle Hilfe. ■

Strahlenschutzkommission SSK (D)

Gustav Fischer Verlag

* SSK Band 13: „Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenleitung bei kerntechnischen Notfällen“, 2. überarbeitete Auflage, März 1995, ISBN 3-437-11639-8, DM 75,-

* SSK Band 29: „Ionisierende Strahlung und Leukämieerkrankungen von Kindern und Jugendlichen“; Nov. 1994, 98 Seiten.

* SSK Band 30: „Strahlenexposition in der medizinischen Diagnostik“, Klausurtagung der Strahlenschutzkommission vom 18./19. Oktober 1993; April 1995, 460 Seiten. □

IAEA International Atomic Energy Agency

IAEA Div. of Publications,
P.O.Box 100, A-1400 Wien

Tagungsbericht

* The Nuclear Power Option
Proceedings of an International Conference, Wien, 5.-8. Sept. 1994, STI/PUB/946, 763 p., 2160 AS, März 1995, ISBN 92-0-100395-1

Neben technischen und betrieblichen Erfahrungen sowie energiepolitischen und wirtschaftlichen Aspekten werden auch Fragen der Akzeptanz, des zukünftigen Personalbedarfs, der Ausbildung und der energiepolitischen Strategien behandelt.

Safety Series - Safety Guides

* 115-I International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for Safety of Radiation Sources - Interim Edition (FAO/IAEA/ILO/OECD-NEA/PAHO/WHO) Feb. 1995, 387 pp, AS 1160. STI/PUB/ 979, ISBN 92-0-100195-9

Diese Interim-Ausgabe der internationalen Umsetzung der neuen ICRP-Empfehlungen wurde nach Gutheißung durch den IAEA-Gouverneursrat veröffentlicht, die definitive Ausgabe in 6 Sprachen folgt, wenn die übrigen beteiligten Organisationen die Standards formell ebenfalls angenommen haben. Hier findet man den internationalen Konsens zu Praktiken (geplanter Umgang mit Strahlenquellen), Interventionen und zur Kon-

trolle von Strahlenquellen für alle Anwendungsgebiete, als Grundlage für die Anpassung nationaler und internationaler Strahlenschutzvorschriften. Die FS-Mitglieder, welche an den Standpunkten des FS arbeiten, sollen diesen Text sorgfältig auswerten.

* 116: Design of Spent Fuel Storage Facilities

Feb. 1995, STI/PUB/976, 50 p., AS 240

* 117: Operation of Spent Fuel Storage Facilities, Feb. 1995, STI/PUB/977, 54 p., AS 240

* 118: Safety Assessment for Spent Fuel Storage Facilities

Feb 1995, STI/PUB/981,

ISBN 92-0-105194-8, 68 p., AS 280

Diese drei Richtlinien aus der blauen „Safety Practice“-Reihe enthalten die internationalen Erfahrungen für den ganzen Komplex der Zwischenlagerung verbrauchter Brennelemente.

* 50-P-7: Treatment of External Hazards in Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants

Feb. 1995, STI/PUB/968, 58 p., AS 240

Die behandelten äußeren Einwirkungen sind Erdbeben, Stürme, Überschwemmungen und Einwirkungen Dritter.

Technical Reports Series

* No. 362: Decommissioning of Facilities for Mining and Milling of Radioactive Ores and Closeout of Residues, STI/DOC/010/362, Wien, Sept. 1994, ISBN 92-0-100694-2, 186 pp., AS 600

Andere Publikationen

* Nuclear Communications: A Handbook for Guiding Good Communica-

tions Practices at Nuclear Fuel Cycle Facilities

Vienna, 1994, STI/PUB/966,

ISBN 92-0-103794-5

Das Handbuch gibt Hilfen beim Aufbau eines Programms für Öffentlichkeitsarbeit für kerntechnische Anlagen aller Art. Es enthält auch allgemein in solchen Programmen anwendbare Grundinformationen zu allen Aspekten des Brennstoffkreislaufs sowie Antworten auf eine große Zahl von aktuellen Fragen, beispielsweise zur Verwendung von Mischoxid-Brennelementen oder zur Endlagerung von Brennelementen sowie nützliche Hinweise für die Information in Krisensituationen, etwa nach Unfällen oder Störfällen. □

.....

NEA/OECD Nuclear Energy Agency

**OECD Publications,
2 Rue André Pascal,
F-75775 Paris CEDEX**

* Environmental and ethical aspects of long-lived radioactive waste disposal, Proceedings of International Workshop Paris, 1-2 Sept., 1994, OECD Documents (66 95 03 1),

ISBN 92-64-14373-4, Paris 1995, 314 pp.

* Safety Assessment of radioactive Waste Repositories : Future Human Actions at Disposal Sites, Report of a NEA Working Group,

ISBN 92-64-14372-6, Paris 1995, 70 pp.

* Review of Nuclear Fuel Experimental

Data

Jan. 1995, (66 95 08 1),

ISBN 92-64-14422-6

* Scientific Issues in Fuel Behaviour Januar 1995, (66 95 07 1),

ISBN 92-64-14420-X

* Methods of Projecting Operations and Maintenance Costs for Nuclear Power Plants 1995, (66 95 06 1),

ISBN 92-64-14413-7 □

.....

ICRP

**P.O.Box 35, Didcot,
Oxon OX11 0RJ, England**

* ICRP-Publication 68: Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers: A Replacement of ICRP Publication 61

Annals of the ICRP 24 (4) 1994, Pergamon Press, Oxford

* Summary of the current ICRP principles for Protection of the Patient in Nuclear Medicine, supplement, Annals of the ICRP 24 (4) 1994, Pergamon Press, Oxford □

.....

NCRP, National Council on Radiation Protection and Measurements (USA)

**NCRP Publications,
7910 Woodmont Ave.,
Suite 800, Bethesda,
MD 20814-3095, USA.
Fax: ++1-301-9078768**

* NCRP-Report No. 120: Dose Control at Nuclear Power Stations, \$ 20.00

* NCRP Commentary No. 9: Considerations Regarding the Unintended Radiation Exposure of the Embryo, Fetus or Nursing Child, \$ 15.00

* NCRP Commentary No. 10: Advising the Public About Radiation Emergencies, \$ 15.00 □

Fachverband für Strahlenschutz

Arbeitskreis Strahlenbiologie (AKS)

Bewertung epidemiologischer Studien (J. Breckow, B. Grosche, K.-H. Weber) FS-95-76-AKS, ca. 120 Seiten, Verlag TÜV Rheinland, Köln 1995
Dieser Band enthält die Beiträge der FS-Weiterbildungstagung bei der

25. Jahrestagung 1993 in Binz auf Rügen.

FS-Mitglieder können ihn kostenlos anfordern beim Sekretär des AKS, Dr. H. Pfob, DA-Arbeitsmedizin, Badenwerk AG, Kriegsstraße 27, D-76133 Karlsruhe, Fax 0721 9363 155 □

SGSMP Schweiz. Ges. f. Strahlenbiologie u. Medizinische Physik

Sekr.: Dr. E. Born,
Abt. Med. Strahlenphysik,
Inselspital, CH-3010 Bern

* Tagungsbericht Wissenschaftliche
Tagung 1995

27./28. Okt. 1994, La Cahux-de-
Fonds, ISBN 3-908125-18-9

175 pp.

* SGSMP Report No. 15: Dosimetry of
High-Energy Photon and Electron Beams,
Task Group for Dosimetry Protocols
(1995), ISBN 3-908125-16-2

* SGSMP Bericht Nr. 16: Personalbe-

darf in der Medizinischen Physik, Arbeitsgruppe Medizinische Strahlenphysik, (J. Roth) (1995), ISBN 3-908125-19-7

In der Schweiz sind nicht einmal die Hälfte der international als notwendig erachteten Stellen für Medizin-Physiker in den Spitälern vorhanden; für Mitarbeiter bestehen nur ein Drittel der empfohlenen Stellen. ... Nicht alle Spitäler mit einer medizinischen Beschleuniger-Anlage haben einen Medizin-Physiker mit Fachanerkennung,

wie dies in der Strahlenschutzverordnung 1994 verlangt wird.

* Wirkung der Ultravioletten Strahlen auf die Gesundheit / Effets du rayonnement ultraviolet sur la santé
Seminar SGSMP/EKS/BAG 16. März 1995 Lausanne, Ed.: D.Bressoud, V.Mercier, J.-F.Valley, W.Zeller, ISBN 2-88444-003-8, Institut de radiophysique appliquée, CH-1015 Lausanne. □

Weitere Publikationen

* Nordic Radioecology: The Transfer of Radionuclides through Nordic Ecosystems to Man, Ed. H.Dahlgaard, Elsevier Amsterdam Sept. 1944, US\$ 200; ISBN 0-444-81617-8 ■

Gesetze, Verordnungen, Regeln

Atomrechtliche Verfahrensordnung

Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hat am 3.2.1995 die Neufassung der Atomrechtlichen Verfahrensordnung bekanntgemacht, die im Bundesgesetzblatt 1995 I, S. 180 veröffentlicht wurde.

Alarmierung der Katastrophenschutzbehörden

Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hat durch Bekanntmachung vom 1. 4. 1995 eine gemeinsame Empfehlung von Reaktorsicherheitskommission (RSK) und Strahlenschutzbehörde (SSK) mit Kriterien für die Alarmierung der Katastrophenschutzbehörde durch die Betreiber kerntechnischer Einrichtungen veröffentlicht (Bundesanzeiger Nr. 96 vom 20. Mai 1995, S. 5678). Diese Empfehlung ergänzt die Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Einrichtungen in der Fassung von 1989 (Gemeinsames Ministerblatt 1989, S. 71).

Kernbrennstoff

Das Bundesverwaltungsgericht hat in einem Urteil vom 15. Dezember 1994 zu den Begriffen Kernbrennstoff und Reaktor im Atomgesetz Stellung genommen (Aktenzeichen: 7 C 2/93). Anlaß war die Auslegungsfrage, ob Urankonzentrat in Form von U_3O_8 (Triuranoktoxid) als Kernbrennstoff im Sinne des § 2 Abs. 1 Nr. 1 AtG anzusehen ist. Entgegen dem Oberverwaltungsgericht Koblenz hat das BVerwG die Frage bejaht. Wegen der Eignung des U_3O_8 in der natürlichen Isotopenzusammensetzung zur Verwendung in einem Reaktor sehe das Atomgesetz derartige Materialien als so gefährlich an, daß sie den besonderen Überwachungsvorschriften für Kernbrennstoffe unterworfen seien. Unter einem „Reaktor“ im Sinne des AtG sei jede Anlage zu verstehen, die geeignet sei, eine sich selbst tragende Kettenreaktion von Kernspaltungen aufrechtzuhalten; das gelte auch für sog. Nulleistungsanordnungen.

Richtlinien für den Schutz von Kernkraftwerken

Nach der Bekanntmachung des Bundesumweltministeriums vom 1.12.1994 (Gemeinsames Ministerialblatt 1995, Nr. 10, S. 180) haben die zuständigen Behörden des Bundes und der Länder Richtlinien für den Schutz von Kernkraftwerken mit Siedewasserreaktoren gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter ausgearbeitet. Darin werden die Schutzziele, die zu schützenden Gebäude und sonstigen Anlagenteile, die Sicherungsanforderungen und die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen festgelegt. Diese Richtlinien werden von den atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden einheitlich angewendet. Der Text der Richtlinie ist vertraulich und wird vom BMU nicht veröffentlicht. Er ist den betroffenen Antragstellern und Genehmigungsinhabern über die sie vertretenden Verbände zugänglich gemacht worden. □

Aktuelle Urteile

Erkundungsbergwerk Gorleben

In einem Schadenersatzprozeß hat die 2. Zivilkammer des Landgerichts Lüneburg am 3. Mai 1995 (2 O 237/93) 14 Beklagte wegen der Besetzung des Förderturmes des Erkundungsbergwerkes Gorleben am 21./22. Juni 1990 und der dabei entstandenen Schäden und Arbeitsausfälle als Gesamtschuldner zur Zahlung von DM 126.901,10 nebst Zinsen verurteilt.

In einem weiteren zivilrechtlichen Urteil (vgl. StrahlenschutzPraxis Nr. 2, S. 60) vom 29.7.1994 hat das Landgericht Hannover einen Schadenersatzanspruch wegen Amtspflichtverletzung (§ 839 BGB; Art. 34 GG) der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Präsidenten des Bundesamtes für Strahlenschutz, gegen das Land Niedersachsen dem Grund nach für berechtigt erklärt. Gegenstand des Amtshaftungsprozesses sind die Schäden, die der Bundesrepublik Deutschland durch den Stillstand der Arbeiten an Schacht 2 und dem 20.2.1991 entstanden sind. Über die Höhe des Schadenersatzes wird durch Schlußurteil entschieden (4 O 436/93).

Kernkraftwerk Gundremmingen

Die verwaltungsgerichtliche Klage von acht Klägerinnen und Klägern gegen die atomrechtliche Genehmigung zum Einsatz von Mischoxid-Brennelementen im Kernkraftwerk Grundmemmingen II wurde durch Urteil des Bayerischen Verwaltungsgerichtshofes München vom 5. April 1995 abgewiesen. Die Revision wurde nicht zugelassen <22 A 94.40014 etc.>

Kernkraftwerk Krümmel

Das Oberverwaltungsgericht Schles-

wig hat durch Urteil vom 8.11.1994 die Klage einer Klägerin und ihrer Familie, die ca. 20 km vom Kernkraftwerk Krümmel wohnen, gegen die Nachtragsgenehmigung für den Einsatz von sog. GE-11-Brennelementen im Kernkraftwerk Krümmel abgewiesen (4 K 5/91). Das Urteil ist rechtskräftig, da eine Revision nicht zugelassen wurde.

Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich

Das Bundesverwaltungsgericht hat durch Beschluß vom 19. Dezember 1994 die Beschwerde gegen die Nichtzulassung der Revision in einem Urteil des OVG Koblenz vom 15. Juni 1994 in Sachen des Kernkraftwerkes Mülheim-Kärlich abgewiesen.

Kernkraftwerk Obrigheim

Der Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg in Mannheim hat durch Urteil vom 7. März 1995 auf Grund der verwaltungsgerichtlichen Klage der Stadt Heidelberg die Betriebsgenehmigung für das Kernkraftwerk Obrigheim mit Ausnahme von zwei Auflagen und Vorbehalten aufgehoben und die Revision gegen das Urteil zugelassen und dazu die drei folgenden Leitsätze veröffentlicht: <10 S 2823 92>: 1. Mit dem tatbestandlichen Gebot der Vorsorge in § 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG ist es nicht vereinbar, wenn die Genehmigungsbehörde den Dauerbetrieb eines seit über zwei Jahrzehnten betriebenen Kernkraftwerks abschließend genehmigt, ohne zuvor - unterhalb der Schwelle einer erheblichen Gefährdung liegende - Risiken ermittelt und bewertet zu haben, die mit der Alterung sicherheitstechnisch bedeutsamer Anlagenteile verbunden sein können. Dieses Ermittlungs- und Bewertungsdefizit läßt sich nicht dadurch ausgleichen, daß dem Betreiber mit der abschließenden Genehmigung aufgegeben wird, Nachweise zur Sicherheit dieser Anlagenteile beizubringen, und für den Fall der Nicht-

erfüllung der Auflagen der Widerruf vorbehalten wird.

2. Dem Vorsorgegebot in § 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG unterfallen auch betriebliche Maßnahmen des anlageinternen Notfallschutzes bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen.

3. Auch hinsichtlich des in Nr. 2 genannten Notfallschutzes ist das Vorsorgegebot des § 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG drittenschützend.

Kernkraftwerk Philippsburg

Die Anträge von einer vier- und einer fünfjährigen Antragstellerin auf einstweiligen Rechtsschutz <§ 80 Abs. 5 VwGO> wegen der Aufhebung der sofortigen Vollziehbarkeit einer Beförderungsgenehmigung nach § 4AtG, die das BfS zum Transport von 9 bestrahlten Brennelementen vom Kernkraftwerk Philippsburg ins Brennelementlager Gorleben erteilt hatte, wurden von der 9. Kammer des Verwaltungsgerichts Braunschweig zurückgewiesen (9 B 9113/93).

RWE

In dem Zivilrechtsstreit der RWE AG gegen das Land Rheinland-Pfalz wegen öffentlich-rechtlicher Entschädigung und Amtshaftung hat das Oberlandesgericht Koblenz durch Urteil vom 19.4.1995 (1 U 1239/92) auf die Berufung des beklagten Landes und unter Zurückweisung der Berufung der Klägerin das erstinstanzliche Urteil des Landgerichts Mainz teilweise geändert und insgesamt wie folgt neu gefaßt:

Es wird festgestellt, daß der Beklagte verpflichtet ist, der Klägerin die Hälfte des Schadens zu ersetzen, der dieser - sei es aus eigenem Recht, sei es aus von der RWE AG abgeleitetem Recht - infolge der rechtswidrigen Erteilung der ersten Teilgenehmigung (alt) vom 9.2.1975 entstanden ist oder noch entstehen wird, und zwar bezogen auf die Kosten der Errichtung des Kernkraftwerkes Mülheim-Kärlich (Investitionskosten). □

Internationales und Völkerrecht

Übereinkommen über den physischen Schutz von Kernmaterial

Die Bekanntmachung des Auswärtigen Amtes vom 13. März 1995 (BGBl. 1995 II 299) enthält neben der Mitteilung, daß das Übereinkommen vom 26. 10. 1979 über den physischen Schutz von Kernmaterial (vgl. Gesetz vom 24. April 1990, BGBl. 1990 II 326) für die Bundesrepublik Deutschland nach der Hinterlegung der Ratifikationsurkunde beim Generaldirektor der IAEA in Wien am 6. Oktober 1991 völkerrechtlich in Kraft getreten ist, die Liste aller Vertragsstaaten dieses Übereinkommens mit den von den Vertragsstaaten bei ihrer Ratifikation abgegebenen Vorbehaltserklärungen.

Beitritte zur Internationalen Atomenergie-Organisation

Aus der Bekanntmachung des Auswärtigen Amtes vom 20.4.1995 (BGBl. 1995 II 395) ergibt sich, daß in den Jahren 1992 bis 1994 die Satzung der IAEA von weiteren 12 Staaten ratifiziert worden ist und diese Staaten damit Mitglieder der Internationalen Atomenergie-Organisation geworden sind.

Deutsch-österreichische Strahlenschutzvereinbarung

Der Bundesumweltminister hat unter dem 16. Mai 1995 das durch Notenwechsel vom 1. Juli/3. August 1993 zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der Regierung der Republik Österreich über Fragen gemeinsa-

men Interesses im Zusammenhang mit kerntechnischer Sicherheit und Strahlenschutz abgeschlossene Abkommen veröffentlicht, das am 1. Dezember 1994 in Kraft getreten ist (Bundesgesetzblatt 1995 II S 482). Dieses völkerrechtliche bilaterale Abkommen tritt an die Stelle des am 3. Mai 1988 zwischen Österreich und der Regierung der DDR vereinbarten Übereinkommens über Informations- und Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet des Strahlenschutzes. Es wurde an die veränderten Umstände angepaßt und gilt nunmehr für das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Es knüpft an das Internationale Übereinkommen der IAEA vom 26. September 1966 über die frühzeitige Benachrichtigung bei nuklearen Unfällen an. Wegen des Abkommensinhaltes wird auf den Aufsatz von Professor Dr. Berthold Moser in der Österreichischen Juristenzeitung 1995, S. 337 verwiesen. □

In Memoriam Josef K. Pfaffelhuber

Ministerialdirigent a.D. Josef K. Pfaffelhuber ist am 25. Mai 1995 im Alter von 72 Jahren in Bonn verstorben. Herr Pfaffelhuber kam 1958 als bayerischer Regierungsrat nach Bonn und wurde hier im Bundesministerium für Atomfragen als Referent für Strahlenschutzrecht in den Bundesdienst übernommen. Ihm war die Vorbereitung des deutschen Strahlenschutzrechts aufgetragen. Die erste und die zweite Strahlenschutzverordnung sind von Josef Pfaffelhuber wesentlich gestaltet worden. Zusammen mit Hans H. Donth hat er die 2. Strahlenschutzverordnung von 1964 kommentiert. Viele Aufsätze und Vorträge zu Einzelfragen des Strahlenschutzrechts begleiten seine gesetzgeberischen

Arbeiten im Bundesministerium für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft/Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung und im Bundesministerium des Innern. 1976 war er verantwortlich für die Anpassung des deutschen Strahlenschutzrechts an die Neufassung der EURATOM-Grundnormen und die Schaffung von Spezialregelungen für Beschleuniger und Plasmaanlagen. 1977 wurde Josef Pfaffelhuber mit der Leitung der Unterabteilung kerntechnische Sicherheit und Strahlenschutz beauftragt. Dieses Amt hat er seit 1986 im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, bis zu seiner Pensionierung im Jahre 1988 wahrgenommen.

Werner Bischof, Göttingen □

Literatur

Kommentar zum Grundgesetz

Im Rahmen des Bonner Kommentars zum Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland, der jetzt mit elf Bänden im C.F. Müller Verlag, Heidelberg, erscheint, ist der 1. Teil der Kommentierung des Artikels 74 Nr. 11a (Konkurrierende Gesetzgebungszuständigkeit auf dem Gebiete der Kernenergie und des Strahlenschutzes) erschienen. Verfasser ist Dr. Werner Bischof, Universität Göttingen.

Ausstieg aus der Kernenergie

Im Verlag Dunker und Humblot, Berlin, ist kürzlich eine Monografie von Klaus Borgmann: Rechtliche Möglichkeiten und Grenzen des Ausstiegs aus der Kernenergie (1994, 464 S., DM 118,00) veröffentlicht worden. ■

Gemeinschaftsausschuß Strahlenforschung (GAST)

GAST-Projekt „Wissenschaftler helfen Tschernobyl-Kindern“

Am 16. und 17.01.1995 trafen sich Weißrussische und deutsche Naturwissenschaftler und Ärzte in Würzburg, um die Fortschritte des gemeinsamen Projektes „Wissenschaftler helfen Tschernobyl-Kindern“ zu diskutieren. Die weißrussische Delegation stand unter Leitung des stellvertretenden Gesundheitsministers Dr. N. A. Krisenko. Zur Delegation zählten Prof. Dr. E. P. Demidchik, Direktor des Zentrums für Schilddrüsentumoren, Prof. Dr. Y. E. Kenigsberg, stellvertretender Direktor des Instituts für Strahlenmedizin und Dr. S. B. Melnov, Leiter des Labors für Strahlenzytokinetik des Instituts für Strahlenmedizin in Minsk. Der Gemeinschaftsausschuß Strahlenforschung (GAST) war durch die Leiter der unten näher beschriebenen Teilprojekte vertreten. Zu den Mitglieds-gesellschaften des GAST zählen die Deutsche Gesellschaft für Biophysik, die Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik, die Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin, die Deutsche Physikalische Gesellschaft, die Deutsche Röntgengesellschaft, der Fachverband für Strahlenschutz sowie die Vereinigung Deutscher Strahlenschutzärzte. Nach den heute vorliegenden Erkenntnissen hat die Häufigkeit des Schilddrüsenkarzinoms bei Kindern in Weißrußland seit 1990 deutlich zugenommen. Während die relative Häufigkeit (bezogen auf jeweils 100.000 Kinder unter 14 Jahren) zwischen 1986 und 1988 0,5 Fälle betrug, erreichte sie 1993 in Gesamt-Weißrußland 3,4 Fälle, in der besonders betroffenen Gomel-Region sogar 9,4 Fälle. Zum Vergleich kann für Deutschland die Statistik des Saarländischen

Krebsregisters herangezogen werden, die 0,5 Schilddrüsenkarzinome pro 100.000 Kinder annimmt. Insgesamt wurden vom zentralen Register des Zentrums für Schilddrüsentumoren in Minsk seit 1986 333 Fälle von kindlichen Schilddrüsenkarzinomen erfaßt. In jüngster Zeit steigt auch die Inzidenz bei den Jugendlichen und jüngeren Erwachsenen an. Die Verläufe der Tumorerkrankungen sind nach den vorliegenden Erkenntnissen meist sehr aggressiv. Mit den heute in Deutschland und anderen Ländern der westlichen Welt zur Verfügung stehenden Behandlungsmethoden (Operation, Radiojodtherapie und medikamentöse Nachbehandlung) können jedoch auch in fortgeschrittenen Fällen noch komplette Heilungen erreicht werden. Bei mehreren Treffen mit Partnern aus Weißrußland und anlässlich von Besuchen in Minsk konnten sich GAST-Mitglieder ein Bild von der Situation der medizinischen Versorgung der Kinder mit Schilddrüsenkarzinomen in Weißrußland machen. Dabei war festzustellen, daß mit Unterstützung der WHO und anderer Organisationen Programme zur Früherkennung des kindlichen Schilddrüsenkrebses (z.B. in Form des Ultraschall-Screenings) geplant und zwischenzeitlich begonnen wurden. Es fehlten jedoch Programme, die auf einer Optimierung der Behandlung von bereits an Schilddrüsenkrebs erkrankten Kindern abzielten. Das Projekt „Wissenschaftler helfen Tschernobyl-Kindern“ des GAST, das mit großzügigen Spenden der deutschen Elektroversorgungsunternehmen finanziert wird, ist u.a. darauf ausgerichtet, den Ärzten Weißrußlands ideale und materielle Unterstützung bei der Behandlung zu bieten, durch:

1. Beratung von Nuklearmedizinern, Chirurgen, Endokrinologen, Strahlentherapeuten und Pädiatern aus den betroffenen Gebieten Weißrußlands durch Experten aus Deutschland vor Ort.
 2. Beschaffung von dringend benötigten medizinischen Materialien, sofern sie für die Behandlung von Kindern mit Schilddrüsenkrebs erforderlich sind.
 3. Hilfestellung bei der Planung und beim Aufbau von Einrichtungen zur Radiojod-Nachbehandlung des Schilddrüsenkarzinoms bei Kindern in den betroffenen Gebieten.
 4. Ausbildung von Ärzten aus Weißrußland in Deutschland auf den Gebieten der nuklearmedizinischen, chirurgischen, strahlentherapeutischen und pädiatrisch-onkologischen sowie endokrinologischen Behandlung des kindlichen Schilddrüsenkarzinoms.
 5. Auswahl von Kindern, die einer z.Zt. in Weißrußland nicht möglichen Spezialbehandlung in Deutschland zugeführt werden sollen.
 6. Behandlung von diesen Kindern mit besonders schweren Verläufen des Schilddrüsenkarzinoms in deutschen Spezialkliniken.
- Die Beratung, Ausbildung und Behandlung erfolgt in enger Kooperation mit dem weißrussischen Zentrum für Schilddrüsentumoren in Minsk (Direktor: Prof. Dr. E.P. Demidchik). Im Zeitraum vom 01.04.1993 bis 18.12.1994 wurden in der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin des Universitätsklinikums Essen insgesamt 196 Radiojodbehandlungen bei 76 Kindern aus Weißrußland mit fortgeschrittenem Schilddrüsenkarzinom vorgenommen. In dieser Zeit bildeten sich weißrussische Ärzte während insgesamt 72 Wochen am Universitätsklinikum Essen fort. Das Projekt wird ab Januar 1995 am Universitätsklinikum Würzburg fortgesetzt. Die dringend benötigten medizinischen Materialien sowie Medika-

mente konnten zur Verfügung gestellt werden. Deutsche Experten standen Kollegen aus Weißrußland bei der Planung von Einrichtungen zur Radiojodbehandlung beratend zur Seite. Zwischenzeitlich konnte eine derartige Einrichtung mit Mitteln der Europäischen Union und unter Hilfestellung von Mitarbeitern des GAST-Projekts in Minsk in Betrieb genommen werden.

Zur Koordinierung der Aufgaben wurde von deutscher Seite je eine Koordinierungsstelle in Minsk (Betreuung Dr. Dr. Heinemann und Dr. Pfob) und in Essen (Betreuung Prof. Reiners) eingerichtet. Die Koordinierungsstellen sind mit Deutsch und Russisch sprechenden Ärzten besetzt (Dr. Bauer in Minsk und Dr. Biko in Essen, jetzt Würzburg). Sie haben folgende Aufgaben:

1. Organisation des Arztaustausches (Reiseplanung, Unterbringung, Organisation des Ausbildungsprogramms).
2. Beschaffung der benötigten Materialien für die Versorgung von an Schilddrüsenkrebs erkrankten Kindern in Weißrußland.
3. Koordination der Auswahl und des Transfers der Kinder (inkl. Begleitpersonen), die in Deutschland behandelt werden sollen.
4. Beschaffung von Informationen über andere Veränderungen des Gesundheitszustands der Bevölkerung nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl zur rechtzeitigen Planung von weiteren Hilfsmaßnahmen.

Das Projekt „Wissenschaftler helfen Tschernobyl-Kindern“ beschränkt sich jedoch nicht nur auf rein humanitäre Aspekte. In Ergänzung zu der medizinischen Hilfe werden im Rahmen des begleitenden Projekts „Bioindikatoren zur Therapie-Optimierung und Früherkennung“ zell- und molekularbiologische Begleituntersuchungen an Tumorbiopsaten

im Institut für Medizinische Strahlenbiologie der Universität-Gesamthochschule Essen (Leiter: Prof. Dr. Dr.h.c. C.Streffer) durchgeführt. Dabei handelt es sich um folgende Fragestellungen:

1. DNS-Gehalt der Tumorzelllinien,
2. Zellproliferation im Tumor,
3. Expression von Onkogenen bzw. Tumorsuppressorgenen.
4. Expression von Mikronuclei vor und nach ^{131}I -Therapie.

In der Zwischenzeit konnten erste Ergebnisse dieser Untersuchungen zusammengestellt und zur Publikation eingereicht werden. Einerseits fanden sich bei 6 von 26 Tumoren Veränderungen der DNA-Sequenz des p53-Tumor-Suppressor-Gens in den Exons 6 und 7, die mit Hilfe von PCR und Temperatur-Gradienten-Gelelektrophorese nachgewiesen wurden. Andererseits zeigten sich bei Untersuchungen zur Mikronukleus-Frequenz und der Teilungsfähigkeit von peripheren Lymphozyten bei 75 erkrankten Kindern erwartungsgemäß signifikant erhöhte Mikronucleus-Frequenzen nach Radiojodtherapie. Prätherapeutisch waren bei Unbehandelten nur selten Erhöhungen der Mikronukleus-Frequenz nachzuweisen, was auf den relativ langen zeitlichen Abstand zwischen der Exposition im Rahmen der Tschernobyl-Katastrophe und der Untersuchung der Mikronuclei zurückzuführen ist. Die medizinisch-biologisch orientierten Arbeiten wurden ergänzt durch das radio-ökologische Projekt „Dosismetrie und Risikoanalyse zur Vorsorge“, das unter Leitung von Dr. Paretzke, Institut für Strahlenschutz des Forschungszentrums GFS Neherberg steht. Dieses Projekt hat folgende Ziele:

1. Präzisierung der Schätzungen zur alters-, geschlechts- und ortsabhängigen Schilddrüsendosen,
2. Zytogenetische Messungen von Chromosomenaberrationen in

Zellkernen des Schilddrüsengewebes zur biologischen Dosismetrie,

3. Abschätzung der Rate an noch zu erwartenden Fällen von Schilddrüsenkarzinomen in den betroffenen Gebieten.

In der Zwischenzeit konnte eine Datenbank erstellt werden, mit den Daten der Kinder, die am Zentrum für Schilddrüsentumoren in Minsk behandelt werden. Diese Datenbank enthält alle wichtigen Informationen, um retrospektiv Schilddrüsendosen zu schätzen. Die Schätzungen wurden ergänzt durch Bestimmungen von ^{129}I in Bodenproben, die im Rahmen einer Meßkampagne im August 1994 in Weißrußland gewonnen wurden. Außerdem wurde das Radioökologiemodell ECOSYS an weißrussische Verhältnisse angepaßt.

Bei der Untersuchung von stabilen Chromosomenaberrationen mit der Fluorescence in situ Hybridization (FISH), die im Institut für Strahlenbiologie der GSF unter Prof. Bauchinger durchgeführt wurden, zeigten sich bei insgesamt 44 Gewebeproben gewisse Auffälligkeiten, wie z.B. das gehäufte Auftreten von multiplen klonalen Chromosomenaberrationen. Bisher gibt es aber keinen Hinweis für einen spezifischen zytogenetischen Marker in strahleninduzierten Schilddrüsenkarzinomen. Auch für eine Dosisrekonstruktion reichen die bisher untersuchten Fälle noch nicht aus.

Die Teilnehmer des bilateralen Arbeitstreffens am 16./17.01.1995 waren sich einig, daß sowohl die humanitären Aspekte als auch die wissenschaftlichen Ergebnisse des GAST-Projekts „Wissenschaftler helfen Tschernobyl-Kindern“ sehr positiv bewertet werden können. Das Projekt wird bis zum 31.03.1996 fortgesetzt.

Chr.Reiners, C.Streffer, H.Paretzke, G.Heinemann, H.Pfob □



ICRP-Internationale Strahlenschutzkommission

Jahresbericht 1994

Die Internationale Strahlenschutzkommission führte ihre Hauptsitzung im Juli 1994 in Washington DC, USA durch, ihre vier Komitees hatten Sitzungen in Washington, Cadarache, Wien bzw. Stockholm. Dort wurden die folgenden zwei Veröffentlichungen freigegeben:

Publ. 69: Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 3, Ingestion Dose Coefficients (Eisen, Selen, Antimon, Thorium, Uran).

Publ. 70: Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiation Protection: The Skeleton, der erste Teil einer Revision des Reference Man (Publ. 23).

Die gemeinsame Arbeitsgruppe von ICRP und ICRU legte einen Entwurf über dosisbezogene Größen für Strahlenschutz gegen externe Bestrahlung vor, der zwar die ICRU-Größen grundsätzlich akzeptiert, aber eine Reihe von Forderungen stellt, die noch bereinigt werden müssen. Die Arbeitsgruppe für Interne Dosimetrie plant Publikationen über Inhalations-Dosiskoeffizienten gemäß dem neuen Atemtraktmodell von Publ. 66 und längerfristig die Revision von ICRP 30. Arbeitsgruppen des medizinischen Komitees bearbeiten Richtlinien für den Strahlenschutz in der Medizin auf der Grundlage der ICRP-Empfehlungen der Publ. 60. Das Komitee 4, Anwendung der ICRP-Empfehlungen, geht daran, die Publ. 60 in die Überarbeitung der Publikationen 35 (Personenüberwachung am Arbeitsplatz) und 28 (Unfallexpositionen) einzuarbeiten. Eine Arbeitsgruppe befaßt sich mit potentiellen Expositionen, speziell von kleinen Personengruppen durch einzelne kleinere Strahlenquellen, d.h. Betriebsunfälle. Eine neue Arbeitsgruppe studiert die Grundsätze für Praktiken und Intervention in Langzeit-

Bestrahlungssituationen infolge Umweltkontamination durch radiologische Unfälle, Altlasten oder erhöhte natürliche Untergrundstrahlung. □

IAEA Internationale Atomenergieorganisation

25 Jahre Informationssystem INIS

(Das International Nuclear Information System INIS enthält über 1,8 Millionen Dokumente über Kerntechnik, Anwendung ionisierender Strahlung, Strahlenschutz, Umweltauswirkungen der Kernenergie u.a. und wächst jedes Jahr um weitere 85.000 Dokumente. Die früher gedruckt und auf Magnetband ausgelieferte Datenbank ist heute über eine Reihe von Datenbank-Hosts direkt zugänglich und auch auf CD-ROM lieferbar. Volltexte von „grauer“ Literatur, wie Institutsberichte, die kommerziell schwierig zu beschaffen sind, können als Mikrofichen bezogen werden. □

WHO Weltgesundheitsorganisation

Tatsachen über Tschernobyl

Auf Übersetzungsfehlern beruhende falsche Presseberichte über 125.000 Tote durch den Tschernobylunfall haben Dr. Keith Baverstock vom Europäischen Zentrum für Umwelt und Gesundheit (ECEH) der WHO zu einer Richtigstellung veranlaßt. Die Zahl von 125.000 bezieht sich auf die Gesamtzahl der Todesfälle aus allen Ursachen seit 1988 in den durch Tschernobyl betroffenen Gebieten. Direkt beim Unfall kamen drei Personen ums Leben. Akute Strahlenkrankheit und Bataverbrennungen der Haut führten bei 28 von rund 200 medizinisch behandelten Personen, meist Feuerwehrleuten, zum Tod. In Weißrußland,

Ukraine und Rußland sind bisher rund 500 Fälle von Schilddrüsenkrebs bei Kindern festgestellt worden. Weitere Fälle sowie strahlenbedingte Spätschäden bei Erwachsenen sind möglich, bisher konnte keine Erhöhung anderer Krebshäufigkeiten, etwa Leukämie, festgestellt werden. Bei der Bevölkerung der betroffenen Gebiete und den rund 115.000 Evakuierten zeigen sich psychosoziale Wirkungen bedingt durch Streß, veränderte Lebensbedingungen und Verunsicherung, die leider durch unsachliche Medienberichte laufend noch geschürt werden.

Diese Feststellungen der WHO werden auch durch Berichte des französischen Instituts für nuklearen Schutz und Sicherheit (IPSN) und das schwedische Staatliche Strahlenschutzinstitut SSI bestätigt, die beide an Untersuchungsprogrammen der Folgen von Tschernobyl beteiligt sind. Wissenschaftliche Ergebnisse dieser Untersuchungen werden an mehreren kommenden Fachtagungen präsentiert, so durch die WHO im November in Genf, durch die EU vom 18.-23. März 96 in Minsk und durch die IAEA vom 8.-12. April 96 in Wien sowie zusammengefaßt am IRPA-Kongreß vom 14.-19. April 96 in Wien. □

HSK Hauptabteilung Sicherheit der Kernanlagen

Dr. S. Prêtre neuer Direktor

Der Direktor der HSK, Dipl.-Ing. Roland Naegelin, trat Ende Juni in den Ruhestand und übernimmt das Präsidium der Eidgenössischen Kommission für die Sicherheit der Atomanlagen, KSA. Neuer Direktor der HSK seit 1. Juli 1995 ist Dr. Serge Prêtre, bisher Leiter der Abt. Strahlenschutz der HSK, einer der frühesten Mitarbeiter des ersten Chefs der HSK, Dr. Peter Courvoisier.

Fortsetzung auf Seite 72



Fortsetzung von Seite 71

Die Leitung der Abteilung Strahlenschutz übernahm Dipl. Phys. Wolfgang Jeschki. Wir gratulieren! □

.....

BAG Bundesamt für Gesundheitswesen, CH-Bern

**Abt. Strahlenschutz, Bollwerk 27,
CH-3001 Bern, Fax +41-31-322 8383**

* Eidg. Kommission für Strahlenschutz (EKS)

Seminar vom 17. Januar 1995, Sammlung der Referate:

- W. Zeller, H. Loosli: Radon
- H.J. Zehnder, W. Meier: Lebensmittel-Bestrahlungen
- H.S. Stender, J.-F. Valley: Qualitätssicherung in der Radiologie, Deutschland

NAZ Nationale Alarmzentrale, CH-Zürich

CH-8044 Zürich, T. +41-1-256 9481, Fax: +41-1-256 9497

* Aeroradiometrie-Übung 1995 Schweiz/ Frankreich. In der letzten Aprilwoche führte die Nationale Alarmzentrale (NAZ) Meßübungen mit ihrer in einem Super-Puma-Helikopter der Armee eingebauten Aeroradiometrieapparatur durch. Diese Gamma-spektrometrie aus der Luft erlaubt eine rasche flächendeckende Ermittlung einer Geländekontamination oder das Aufspüren radioaktiver Quel-

len. Erstmals erfolgte ein Teil der Übung gemeinsam mit der französischen Partnerorganisation HELINUC, Service de protection radiologique des Commissariat à l'énergie atomique (CEA), im beidseits der französisch-schweizerischen Grenze im Jura im Gebiet St.-Ursanne - Chevenet - Damvant - Bremoncourt. Weitere Übungsgebiete lagen in der Gemeinde Villigen (AG)-und im Umkreis von 20 km um die Kernkraftwerke Mühleberg und Gösigen. □

.....

und Schweiz - R. Mini, B. Marincek: Hohe Dosen in der Röntgendiagnostik
* Sammelaktion für schwach radioaktive Abfälle.
Vom 18. - 29. Sept. 1995 wird wieder

eine Sammelaktion durchgeführt, die bereits gemäß den im Rahmen der Revision der Abfallverordnung provisorisch überarbeiteten neuen Vorschriften durchgeführt wird. ■

BfS-ISH-Berichte

**BfS: Institut für Strahlenhygiene
ISH, Dienststelle Neuherberg,
Ingolstädter Landstr. 1,
D-85764 Oberschleißheim,
Fax: 089-31603 111**

BfS-ISH-170/95: Daten über die Röntgendiagnostik in der ehemaligen DDR. W. Angerstein, B. Bauer, I. Barth, März 1995 □

.....

Broschüren des Bundesamtes für Strahlenschutz

**BfS Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Postf. 100149, D-38201
Salzgitter, T. 05341-225280, Fax
05341-225290**

* Endlager für radioaktive Abfälle: Erkundungsbergwerk Gorleben
Die beim BfS gratis erhältliche 18-seitige Farbbroschüre A5 beantwortet die Frage „Warum Gorleben?“ und be-

schreibt leichtverständlich Art und Herkunft der Abfälle und das Erkundungsprogramm im Salzstock Gorleben.
* Salzstock Gorleben: Als Endlager geeignet? - Erkenntnisse aus der bisherigen Erkundung
Auf 25 mit Fotos, Karten, geologischen Profilen u.a. reich illustrierten Seiten werden Programme und bisherige Ergebnisse zur Erkundung des Salzstockes Gorleben erläutert und Fragen zur Eignung als Endlager beantwortet. Es ist zu hoffen, daß rasch eine ebenso gute und sachliche Information über die CASTOR-Transport- und Lagerbehälter folgt - angesichts der bedenklichen Mischung aus Don Quixote und Terror auf Seite der Transportgegner dringend nötig.
BfS: Strahlenthemen:
* UV-Index contra Sonnenbrand, April 1995, 4 S.
Nachdem der UV-Index nun international anerkannt ist, hat das BfS neben der ausführlichen Broschüre nun auch ein vierseitiges Falblatt herausgegeben, das leichtverständlich die Zusam-

menhänge erklärt. Der UV-Index (UVI) liegt je nach Ort, Zeit und Wetter zwischen 1 und 12. Der Schutzfaktor der Sonnencreme sollte etwa dem Doppelten des UVI entsprechen. UVI-Vorausagen werden vom BfS in den Medien für die Wochenenden verbreitet.
* BfS-Infoblatt: 1/95: Abfallmengen-Erhebung 1993, 21. März 1995 □

.....

nagra report

**nagra, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Hardstr. 73,
CH-5430 Wettingen,
T.: +41-56-731 1111**

Nr. 2/95 März/April 1995
- Mehrwöchige Versuche in der Sondierbohrung Wellenberg
- Dialog löst Probleme
- Vom Kernkraftwerk zur grünen Wiese (Abbruch KKW Niederaichbach)
- Braucht es für Kohle oder Asche auch Endlager? □

GREMIEN UND BEHÖRDEN

WAS SCHREIBEN DIE ANDEREN?

IAEA Bulletin

IAEA, Div. of Public Information,
P.O.Box 100, A-1400 Wien

- * Vol. 37 No. 1 1995
- „Atoms for Peace“
- IAEA safeguards and the NPT: Examining interconnections
- Technical co-operation: Strengthening technology transfer
- IAEA safeguards in the 1990s: Building on experience
- Atoms for peace: Extending the benefits of nuclear technologies
- Safeguards in the European Union: The New Partnership Approach
- Nuclear material accounting and control: Co-ordinating assistance to newly independent states
- Latin America's Treaty of Tlatelolco
- Nuclear co-operation in Africa
- Nuclear verification in South Africa
- US fissile material initiatives; Implications for IAEA

Nuclear Europe Worldscan

- * No. 3/4 March/ April 1995 (European Nuclear Society ENS):
- Hauptthemen: Core Analysis / Fuel Management
- Chernobyl: from accident to improving safety.

Journal of Radiological Protection

Soc. of Radiological Protection,
Institute of Physics Publishing,
Bristol, UK

- * Vol. 15 No. 1 March 1995
- Validation of two models for radionuclide concentration in crops using field data
- Childhood leukaemia in Great Britain and fallout from nuclear weapons testing
- The theoretical risk on non-melanoma skin cancer from environmental

Physikalische Blätter

- * 51. Jg., Heft 4, April 1995
- Erinnerungen an Eugene Paul Wigner
- Klimamodelle - wo stehen wir?
- Freie-Elektronen-Laser (FEL)

Radioprotection

- * Vol. 30 No. 1, Janvier-Mars 1995 (SFRP)
- Studie der industriellen Exposition durch Uran-Aerosole bei der Laser-Anreicherung
- Wird in Frankreich in der Medizin und in der nicht-nuklearen Industrie der Strahlenschutz optimiert?
- Die ALARA-Politik der Electricité de France
- Neutronen-Blasendosimeter BD 100 R-PND und BDT.
- Rechenprogramm für rasche Abschätzung der Fallout-Folgen für die Nahrungskette: Anwendung in tropischer Umgebung.
- Messung von alphastrahlenden schweren Elementen, besonders Natururan, in Flüssigkeiten und in trockenen Proben.
- RADIOR: Software zur Einführung in die Optimierung des Strahlenschutzes.

- radon exposure
- Are underwellings at risk from elevated levels of radon?
- Mitigation of indoor radon hazard by air conditioning
- Radon in private water supplies in SW England - Body content of various naturally occurring radionuclides of Chinese people.

Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine

- * Vol. 1, Nr. 1, 1995, Occupational Health Foundation, H-1012 Budapest
- Zahlreiche Beiträge über arbeitsmedi-

NEA Newsletter

- * Vol. 12, Nr. 2, Fall 1994
- Collective Opinion on Radiation Protection
- Liability for Nuclear Damage in Eastern Europe and International Co-operation
- Nuclear Law and Code of Conduct
- Nuclear Power and the Environment. A Solution? Need and Availability of Nuclear Data
- New Man-Machine Interfaces in Nuclear Power Plants
- Safe Geologic Disposal of Nuclear Waste: The Development of Probabilistic Assessments
- Radioactive Waste Management in Perspective
- the Nuclear Power Situation in OECD Countries

Radiation Protection Management

- * Vol. 12, Nr. 3, May/June 1995, RSA Publications
- Radioactive Waste Management for Health (T. D. Luckey); „High background decreases cancer mortality and increases health ...“
- Are Radiation Risks Real Below 0.001 Sieverts per Year? (Allen Brodsky); „The ANS ... has recommended that upper dose levels of 0.001 Sv/y are adopted for the general public“.
- In Search of BACKGROUND (Dr. E. Gail de Planque, NRC Commissioner); „The limit of 15 mrem, including 4 mrem from drinking water, carries a risk that is a small increment over risk of background“.

WAS SCHREIBEN DIE ANDEREN?

Überwachungsanlage für Fahrzeuge

Der illegale Transport und Schmuggel radioaktiven Materials stellt seit der Öffnung der Grenzen zum Osten eine wachsende Bedrohung dar. Berichte über radioaktive Substanzen, die in LKW-Ladungen gefunden werden und quasi zur „billigen Entsorgung“ als Metallschrott an die stahlverarbeitende Industrie geliefert werden sollen, sind fast täglich in den Tageszeitungen zu lesen. In verschiedenen Fällen sind Gesundheitsschäden

bei Personen, die mit dem verseuchten Material in Kontakt waren, und sogar Todesfälle aufgetreten.

Ein großer Teil solcher illegaler radioaktiver Strahler stammt aus der ehemaligen Sowjetunion und aus anderen osteuropäischen Staaten. Daher hat sich Finnland als erstes EU-Mitglied dazu entschlossen, die illegale Einfuhr (und damit auch den Weitertransport in andere EU-Staaten) bereits an der Grenze zu unterbinden.



Vollautomatische Eberline-Überwachungssysteme an der finnisch-russischen Grenze. Zwei hochempfindliche Radioaktivitäts-Detektoren, rechts und links neben der Straße, kontrollieren alle durchfahrenden Fahrzeuge.

Im März ging das erste vollautomatisch arbeitende Überwachungssystem an der finnisch-russischen Grenze auf der Route von St. Petersburg nach Helsinki in Betrieb. Das in Erlangen von der Eberline Instruments GmbH hergestellte System wurde zusammen mit dem in Helsinki ansässigen Ingenieurbüro Heikki Iso-Kuusela Oy projektiert und installiert. Mit zwei im Freien aufgestellten hochempfindlichen Radioaktivitäts-Detektoren werden alle vorbeifahrenden Personewagen und Nutzfahrzeuge ständig überprüft. Zwei weitere, unauffällig in der Schalterhalle montierte Detektoren sprechen auf am Körper oder im Gepäck verborgene Strahler sofort an. Bei erkannter Radioaktivität werden die diensthabenden Zöllner durch ein Hupsignal aufmerksam gemacht und können die erforderlichen Maßnahmen einleiten. Weitere Installationen sind geplant. Unter anderem soll in Kürze eine Anlage zur Überwachung des Fährhafens in Helsinki ihren Dienst aufnehmen.

Eberline Instruments
D-91051 Erlangen
Dr. Wolfgang Rieck
Fax 09131/ 909 205

Radioaktivitätsüberwachung an bewegten Objekten

Seit mehreren Jahren sind hochempfindliche Meßgeräte zur Überwachung von Radioaktivität im Gütertransport im Einsatz. Meßtechnisch gesehen stellt der am häufigsten vorkommende Fall auch gleichzeitig den schwierigsten dar: Vagabundierende Strahler im Stahlschrott.

Es hat sich gezeigt, daß diese Meßaufgaben nur von großflächigen und großvolumigen Szintillatoren bewältigt werden können. Dabei geht es insbesondere darum, daß statt eines

quadratischen ein annähernd lineares Abstandsverhalten für den Intensitätsverlauf der Strahlung erreicht wird. Entscheidungsmessungen für einen ungünstig liegenden Strahler müssen innerhalb von 0,3 bis 0,5 Sekunden bewältigt werden. Dies ist nur mit großflächigen Szintillatoren oder aber mit einer Vielzahl kleinerer Detektoren machbar.

RADOS Technology GmbH hat zur Lösung dieses Problems die RTM900-Baugruppe entwickelt, die es erlaubt,

anwendungsorientiert bis zu 16 Detektoren an ein schnelles PC-gestütztes Rechnersystem anzuschließen. Neben der Möglichkeit, Fahrzeuge sicher zu überwachen, kann dieses System kunden- und aufgabenspezifisch ausgelegt auch Meßaufgaben wie Gepäck-, Schüttgut- und Zugüberwachung übernehmen. Datenlangzeitdokumentation erlaubt eine lückenlose Darstellung aller vorgenommenen Messungen gegenüber Behörden oder Fachpersonal.

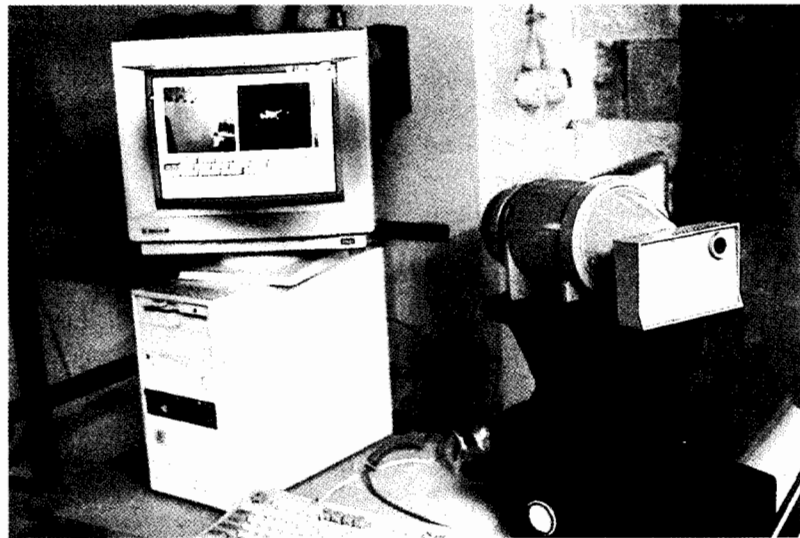
RADOS Technology GmbH
Strahlungsmess-technik
Postfach 50 12 45
D-22712 Hamburg
Fax: 040 / 85 193 256

Neues Meßgerät macht radioaktive Strahlung sichtbar

Im Forschungszentrum Karlsruhe wurde am 23.3.1995 ein neuartiges Strahlenmeßsystem vorgestellt, mit dem radioaktive Kontaminationen und Strahlungsfelder aus sicherer Entfernung detektiert und farblich abgestuft auf Bildschirmen sichtbar gemacht werden können. Die zum System gehörigen Geräte sind im Rahmen einer Zusammenarbeit mit dem Moskauer Kurchatov-Institut entwickelt worden, die das Know-how russischer Wissenschaftler durch Technologietransfer-Projekte dem deutschen Markt erschließen will.

Bei der Vorführung interessierten sich Mitglieder der Arbeitsgruppe „Katastrophenschutz / Erfahrungen nach dem Tschernobyl-Unfall“ der Deutschen Reak-

torsicherheitskommission für die Leistungsfähigkeit der Geräte, die nicht nur bei Unfällen, sondern vor allem bei der



Wartung und dem Abbau von kerntechnischen Anlagen vielfältig eingesetzt werden können. Als erster Anwender in Deutschland wird die Kerntechnische Hilfsdienst GmbH in Eggenstein-Leopoldshafen das Gerätesystem für ihre Tätigkeit nutzen.

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Technik und Umwelt, Postfach 3640, D-76021 Karlsruhe, Fax 07247/82 - 50 80 □

Aufspüren von Strahlenquellen

Dem zunehmenden Trend im Strahlenschutz, möglichst Ortsdosisleistungen im Bereich der natürlichen Umgebungsstrahlung nachzuweisen, kommt

die Strahlungsmeßtechnik GmbH Altena mit ihren Sonden „GRAETZ 18545 DE“ und „GRAETZ 2001“ entgegen. Die bauartgeprüfte, eichfähige Sonde

„GRAETZ 18545 DE“ arbeitet mit einem energiekompensierten GM-Zähler und umfaßt einen Meßbereich von 100 $\mu\text{Sv/h}$ bis 200 μSv . Der Bereich der erfaßten Gamma-Photonenenergie reicht von 40 KeV bis 1,3 MeV. Die Szintillationssonde „GRAETZ 2001“ beinhaltet einen NaJ-Szintillator mit hochgestelltem Photomultiplier. Der Energiebereich beginnt bei Gamma- und Röntgenstrahlung oberhalb von 25 KeV. Betastrahlung wird oberhalb von 100 KeV erfaßt.

Beide Sonden sind mit den Dosisleistungsmeßgeräten „GRAETZ X5DE“ oder „GRAETZ X50DE“ zu betreiben. Durch die hohe Empfindlichkeit dieser Sonde lassen sich versteckte Strahlenquellen (z.B. in Schrottkontingenten) sehr gut und sehr genau aufspüren.

1.220 QUANTULUS Ultra Low Level LSC

α - β -Zähler zur Messung von extrem niedrigen Aktivitäten
Idealer Meßplatz für Umweltanalytik-Proben.

Das Ultra Low Level-Spektrometer für Umweltanalytik-Proben erzielt durch große Bleiabschirmung und aktive Backgroundreduktion höchste Nachweisgrenzen.

Das System ist bestens geeignet zur

Bestimmung natürlicher Radionuklide in Trinkwasser, zur Analyse von radioaktiven Abwässern auf Alpha- und Betastrahler und zur Bestimmung von Radionukliden in Lebensmitteln wie z.B. ^{90}Sr , ^{90}Y , ^{137}Cs , ^{14}C und ^3H .

Laboratorium Prof. Dr. Berthold GmbH & Co.KG,
Postfach 100163, D-75312 Bad Wildbad
Fax 07081/177 166 □

Strahlungsmeßtechnik GmbH Altena
Postfach 8100, D-58754 Altena
Fax 02352/7007 10 ■

Nuklearkriminalität - eine Bedrohung?

Heft 1/95, Schwerpunktthema

Die gesetzlichen Bestimmungen und Verordnungen über den Transport und die Handhabung radioaktiver Stoffe sind in den letzten Jahren restriktiver geworden: Meist aus guten Gründen, teilweise aber auch als Folge einer lautstarken anti-nuklearen Bewegung. Außerhalb der nuklearen Industrie und Forschung erscheint aber ein Einhalten der neueren Strahlenschutzvorschriften oft wenig praktikabel, da sich mit den luxuriös tiefen Schutzzielen (10 μ Sv pro Jahr) und den daraus konservativ abgeleiteten Freigrenzen zwar künstliche Radioaktivität, nicht aber die Natur regulieren läßt. Sinnvolle Ausnahmeregelungen fehlen weitgehend, und so müßten konsequenterweise u.a. auch Ferienaufenthalte in den Bergen oder der Pilotenberuf beträchtlich eingeschränkt werden. Der Besitz vieler natürlicher oder alltäglicher Gegenstände ist illegal geworden. Da die Grenzen sehr eng gesteckt wurden, ist eine zunehmende Nuklearkriminalität fast zu erwarten.

Wieso muß das Bayerische Landeskriminalamt - neben möglicherweise sensibleren Fällen - auch die Vorgänge vom 06/92 Bayreuth (1g Natururan, Yellow Cake), 02/93 München (2 Pellets Natururan), 06/94 Bad Berneck (2g Uran abgereichert) als **illegalen** Handel registrieren? Hier scheinen doch eindeutig politische Motive mitzuspielen; das hat mit Strahlengefährdung nichts mehr zu tun, ja es ist ja geradezu lächerlich, solche Mengen harmloser Substanzen als ungesetzlich zu klassifizieren. Da ist die neue Schweizer Strahlenschutzverordnung StSV 1994 (siehe Anhang 2, S. 65) immerhin etwas liberaler für den Geltungsbereich

Erze, Mineralien und Gesteinssammlungen, wo erst Mengen ab 100g Natururan bewilligungspflichtig sind (vor 1994 waren es in der CH für Erze und Salze immerhin noch 1.000g Uran).

Wie soll nun aber der pflichtbewußte Grenzbeamte wissen, ob das Uranoxid zu einer Mineraliensammlung gehört oder ein Ausläufer des unwillkommenen Nukleartourismus ist? Durch eine Beschlagnahme des Materials und eine Festnahme des Touristen - mit gleichzeitiger Meldung an die Medien - glaubt er jedenfalls keinen Fehler zu machen....

Es sind mir auf dem Weg nach Hause gleich nochmals alltägliche Dinge begegnet, die mittlerweile vom Bayerischen Landeskriminalamt ebenfalls verfolgt werden müßten. Im Laden kaufte ich mir für unsere Camping-Gaslampen einige Glühstrümpfe. Diese sind in der CH allerdings durch das Bundesamt für Gesundheitswesen mit einer Mahnung zur Vorsicht versehen, in der StSV 1994 fand ich aber keinen entsprechenden Ausnahmetext. Gemäß Buchstaben ist der Transport eines einzigen Glühstrümpfes (geschätzt auf 1g ^{232}Th) illegal, weil dessen natürliche Radioaktivität die Freigrenze von 600 Bq um ein mehrfaches übersteigt. Solange Gaslichter gebraucht werden, wird man aber das „hochtemperaturfeste, radioaktive Thoriumoxid kaum ersetzen können.

Auf der Landstraße fuhr ich gleichentags eine Weile hinter einem langsamen landwirtschaftlichen Transport her. Auf dem Anhänger waren 2 bis 3 Tonnen Kalidünger (40% Kaliumgehalt, als Kaliumphosphat) geladen. Obwohl die natürliche Radioaktivität von Kalium durch die Umwelteiferer noch wenig hochgespielt wurde, erkennt mein Strahlenschutzbewußtsein sofort eine weitere illegale Situation. Natürliches Kalium enthält etwa 0,012% radioaktives ^{40}K und über-

strahlt dabei mit 31.000 Bq/kg um das 15fache die in der StSV 94 festgelegte Freigrenze von 2.000 Bq/kg. Aus strahlenschutzgesetzlichen Gründen muß wohl in Zukunft Kalidünger in verdünnter Form vermischt (unter 7% Kaliumgehalt) oder in Apothekermengen angeboten werden.

Das Leben hier in Mitteleuropa wird stetig komplizierter und teurer - teilweise als Folge von allzu vielen restriktiven Gesetzen und Verordnungen. Der heute praktizierte Strahlenschutz zeigt dabei deutlich die verschiedenartigen Auswirkungen neuerer Vorschriften: Ein besserer Schutz für strahlenexponiertes Personal ist zwar gewährleistet und das Strahlenrisiko durch künstliche Radioaktivität kann für die Bevölkerung vielleicht geringfügig verringert werden, gleichzeitig aber ist eine konsequente Übertragung auf Natur und Alltag nicht immer mit gesundem Menschenverstand vereinbar, und offensichtlich werden harmlose Dinge unnötig in die Illegalität abgedrängt.

U. Frick, Wettingen □

Anmerkung der Redaktion:

Aus Platzgründen mußte der Brief von Herrn Frick stark gekürzt werden.

.....

Alles schon mal dagewesen..

Heft 2/95, Weiterbildung

Heft 2 von StrahlenschutzPraxis ist Heingetroffen. Umfang, Spektrum und Wissenstransfer sind sehr gut. Die Infoseite 59 über Gesetze, Verordnungen, Regeln ist für den, der es sich nicht leisten kann, in allen Ausschüssen zu sitzen, bestens. Ist zusätzlich geplant, in regelmäßigen Abständen eine Kompakt-Übersicht über aktuelle Strahlenschutznormen abzudrucken? M.E. wäre dann die Infopalette komplett.

Ein Punkt fiel mir etwas seltsam auf. Auf Seite 53 wird ein Herr R.A. Jonkers mit seiner Arbeit „Dosis beim Vorbeigehen an einer Quelle“ zitiert. Der Kollege Jonkers sollte sich mal kundig machen oder die Literatur studieren. Diese Berechnung habe ich schon vor 15 Jahren in Remscheid auf der DGZfP-Tagung „Aktuelle Fragen der Durchstrahlungsprüfung und des Strahlenschutzes“ vorgetragen, im Jahre 1981 veröffentlicht (1 SD als Anlage) und in die DIN 54115, T1 (Aug. 1992) eingebracht (Kopieauszug als Anlage).

Seltsam, daß nach 15 Jahren eine Sache neu hergeleitet wird und exakt zum gleichen Ergebnis führt, oder? In diesem Sinne,

frohes STRAHLEN
optimaler SCHUTZ
in jeder PRAXIS

Dr. K. Kolb, Stuttgart □

135.000 oder 31 Tote infolge Tschernobyl?

Zahlreiche Medien zitieren ukrainische Behörden, es habe rund 130'000 Tote infolge von Strahlenschäden nach Tschernobyl gegeben. Diese Behauptungen sind falsch. Die Angaben beziehen sich auf die Gesamtzahl der Todesfälle aus allen Ursachen in der von Tschernobyl betroffenen ukrainischen Bevölkerung. Die mittlere Dosis der evakuierten 135.000 Personen wird auf 0,12 Sv geschätzt, bei Höchstwerten von ca. 0,54 Sv.

Nach übereinstimmenden Angaben medizinischer Fachleute der betroffenen Länder und von internationalen Untersuchungsprogrammen sind total 31 Personen an akuten Strahlenwirkungen gestorben, davon zwei während des Unfalls. Von 499 direkt involvierten Personen (Operateure, Feuerwehrleute, Liquidatoren) wurde bei 237 Strahlenkrankheit diagnostiziert, davon starben 29, die

Dosen von 2 bis 16 Gy erhalten hatten. Die Untersuchungen der betroffenen Bevölkerung haben bis jetzt als auf Bestrahlung zurückzuführende Gesundheitsschädigung einzig eine Zunahme von Schilddrüsentumoren bei Kindern ergeben (ca. 500 Fälle), andere strahlenbedingte Wirkungen konnten nicht festgestellt werden. Der allgemeine Gesundheitszustand ist bei dieser Bevölkerungsgruppe wie auch in nicht betroffenen Teilen der ehemaligen Sowjetunion aus zahlreichen, nicht strahlenbezogenen Gründen eher schlecht. Die Angaben stammen aus der - erst im Entwurf vorliegenden - Informationsbroschüre der NEA zu 10 Jahren Tschernobyl, vom SSI Stockholm und aus der NucNet. In der Schweiz bereiten die Fachkommissionen ebenfalls eine Broschüre für Anfang 96 vor.

Hans Brunner, Zürich □

Zur Dosisrelevanz der Expositionspfade Heft 2/95, Fachbeitrag Völkle

In dem Artikel von Dr. Hansruedi Völkle wird dargestellt, wie schwierig, ja unmöglich es ist, trotz hoch entwickelter Meßtechnik von den Emissionen der Kernkraftwerke in der Umgebung wieder etwas zu finden.

Beim bestimmungsgemäßen Betrieb sind die Emissionen so gering, daß man keine Chance hat, die im Kraftwerk künstlich erzeugten Radionuklide nachzuweisen bzw. von den natürlich vorkommenden und den durch fremde Emissionen (Bombenfallout und Tschernobyl) eingetragenen Radionukliden zu unterscheiden. Selbst bei dem ^{14}C , das relativ (rechnerisch) am meisten zur Dosis im bestimmungsgemäßen Betrieb beiträgt, gelingt der Nachweis nur bei bestimmten Reaktortypen und da nach komplizierten wissenschaftlichen Verfahren,

die sich nicht für eine routinemäßige Umgebungsüberwachung eignen.

Das natürliche Verhältnis von $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ in der Atmosphäre war nach Abschluß der oberirdischen Atombombenversuche etwa verdoppelt. Dieses Verhältnis sinkt seither, weil CO_2 aus der Atmosphäre in andere Compartments verlagert wird und dafür im Austausch anderes CO_2 mit einem niedrigeren $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Verhältnis in die Atmosphäre gelangt. Hinzu kommt noch der sogenannte Süß-Effekt: Durch die Verbrennung fossilen Kohlenstoffs, der wegen seines Alters praktisch ^{14}C frei ist, wird das $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Verhältnis insbesondere in dicht besiedelten Gegenden abgesenkt, im Winter stärker als im Sommer. Dieser beschriebene Einfluß auf die ^{14}C -Aktivität in der Umgebung von Kernkraftwerken ist stärker als der von

Emissionen selbst bei den Reaktortypen, die das ^{14}C als CO_2 emittieren. Die meisten Kernkraftwerke in Deutschland und der Schweiz emittieren das ^{14}C überwiegend gebunden in Kohlenwasserstoffen, die sich der schweizer Überwachungsmethode in der Umwelt (Einsammeln und Ausmessen von Baumblättern) entziehen.

Schlußfolgerung: Selbst das Nuklid, das im bestimmungsgemäßen Betrieb den relativ höchsten Dosisbeitrag liefert, wird durch natürliche und andere zivilisatorische Einflüsse so kaschiert, daß ein Nachweis in der Umwelt nur nach komplizierten wissenschaftlichen Korrekturen gelingt. Eine routinemäßige Überwachung im Umgebungsüberwachungsprogramm von Kernkraftwerken ist schon deshalb nicht angezeigt. Bei Störfällen wird es praktisch nicht verstärkt emittiert, so daß es sich auch nicht als Indikator für erhöhte Emissionen als Redundanz zur Emissionsüberwachung eignet.

Jörg Brauns, Hanau □

Strahlenschutz 9 Jahre nach Tschernobyl

Der Tschernobyl-Unfall ist nun 9 Jahre her, aber wir erinnern uns noch alle gut an die außerordentlichen radiologischen Folgen vor Ort, aber auch an die außerordentlich schlechten Erfolge, die die Strahlenschutzfachleute des deutschsprachigen Raumes im Durchschnitt dabei hatten, die Strahlenschutzsituation im hiesigen Raum in den ersten Wochen und Monaten nach dem Unfall der Bevölkerung zu erklären. Speziell in Deutschland mußte man erleben, wie eine ohnehin bis zur Strahlenhysterie angstbereite Bevölkerung einerseits von zwar allzu

korrekten, aber unverständlichen Aussagen der Strahlenschutzfachleute traktiert wurde und andererseits zu einem guten Teil durch effekthaschenden Aktionismus von politischer Seite verunsichert wurde. (Obwohl die Politiker durch die Analysen der SSK hervorragend beraten wurden.) Mir scheint, daß wir Strahlenschützer unsere Lektion dennoch nicht gelernt haben: Wenn heute ein Bürger einen Strahlenschutzfachmann oder Strahlenmediziner nach den gesundheitlichen Folgen des Unfalls in der Umgebung des Standorts Tschernobyl fragt, bekommt er - wie früher - extrem unzufriedenstellende Antworten, z. B., daß dies alles sehr schwierig sei, daß Aussagen hierzu stark von divergierenden Interessenlagen geprägt seien und daß umfangreiche Untersu-

chungs- und Aktionsprogramme schon vor langer Zeit gestartet seien, aber noch keine konkreten Ergebnisse haben.

Demgegenüber wird in den Medien tag ein, tagaus über Hilfsinitiativen für die Bevölkerung in der weiteren Umgebung des Standortes berichtet (die natürlich höchst aner kennenswert sind), wobei es als selbstverständliche Voraussetzung hingestellt wird, daß natürlich alle irgendwie von dem Unfall Tangierten „strahlenkrank“ seien, bis hin zu auch formulierungsmäßig ganz schlimmen Ausprägungen. In meiner Tageszeitung las ich zum 9. Jahrestag des Unfalls: „Bisher schon 135.000 Tote“(!).

So soll es mich nicht wundern, daß der Strahlenschutzlaie sich ein völlig schiefes Bild von der Situation einprägt.

Fortsetzung auf Seite 79

Anmerkung der Schriftleitung

Tschernobyl und die Folgen, - was ist Wahrheit? Sicher sind viele Berichte in den Medien wissenschaftlich unbegründet und oft übertrieben. Die Meldung über 135 000 Strahlen-Tote war eine extreme Falschmeldung. Aber umgekehrt wird heute niemand den Beweis für die Aussage antreten können, andere strahlenbedingte Wirkungen als die Kinderschilddrüsenkrebse seien nicht festzustellen und somit auch nicht vorhanden. Es gibt derzeit eine Vielfalt von Meinungen. Ich zitiere die IAEA: „Die Auswirkungen (des Tschernobyl-Unfalls) auf Umwelt und Gesundheit waren Gegenstand ausgedehnter wissenschaftlicher Untersuchungen. Aber obwohl nur wenige Unfälle so sorgfältig erforscht worden sind, bestehen immer noch höchst unterschiedliche Ansichten über die tatsächlichen Folgen des Tschernobyl-Unfalls“.

In diesem Heft der Strahlenschutz-Praxis findet der Leser gleich mehrere, wie ich glaube, präzise Darstellungen der Situation aus der Sicht

von unmittelbar beteiligten Wissenschaftlern und FS-Mitgliedern. Nur auf dieser Basis sollten wir weiterdiskutieren. Vom 06.-07. März 1996 wird das BfS in München ein Seminar unter dem Titel „Zehn Jahre nach Tschernobyl, eine Bilanz“ veranstalten (siehe auch die Ankündigung in diesem Heft), dessen Ergebnisse künftig als Referenz dienen können.

Außerdem werden sich in den nächsten Monaten gleich drei internationale Konferenzen diesem Thema widmen mit dem Ziel, „zu einem schlüssigen und allgemein akzeptablen Verständnis über Art und Umfang der Auswirkungen des Tschernobyl-Unfalls zu gelangen“. Den Anfang macht die WHO vom 20. - 25. November 1995 in Genf mit der Tagung „Health Consequences of the Chernobyl and other Radiological Accidents“. Dann folgt vom 18. - 23. März 1996 in Minsk die „First International Conference of the European Union, Belarus, Russian Federation and Ukraine on the Consequences of the Chernobyl Acci-

dent“. Den Schluß- und Höhepunkt dieses Tagungs-Marathons bildet die von der EC, der WHO und der IAEA abgehaltene internationale Konferenz „One Decade after Chernobyl: Summing up the Radiological Consequences of the Accident“ vom 8. - 12. April 1996 in Wien. Sie soll die Ergebnisse der vorangegangenen Konferenzen zusammenfassen und auswerten. Zitat aus dem „First Announcement“: „Wichtigstes Ziel der Konferenz wird sein, die wissenschaftlichen Fakten der Unfallfolgen von Mythen und Spekulationen sauber zu trennen, die radiologischen Gesundheits-Auswirkungen aufzuklären und zu quantifizieren, ebenso wie andere damit verbundene gesundheitliche, soziale, ökonomische und politische Folgen“. Diese Ergebnisse werden nochmals in sozusagen internationalstem Rahmen auf der unmittelbar anschließenden IRPA-9-Konferenz in Wien diskutiert.

Die StrahlenschutzPraxis wird über alle diese Konferenzen ausführlich berichten. **Rupprecht Maushart** □



Fortsetzung von Seite 78

Ich bin immer noch der Hoffnung, daß noch etwas von der Glaubwürdigkeit der Strahlenschutzfachleute zu retten ist; z.B. dadurch, daß diejenigen, die relevante Informationen haben und in der Lage sind, sich neutral und interessenungebunden zu äußern, einfach ihre Erkenntnisse einmal darstellen. Wo könnte man solche Personen besser finden als im Fachverband für Strahlenschutz? Wäre es nicht an der Zeit, daß die Mitglieder des Fachverbandes, die sich hierzu angesprochen fühlen, sich einmal äußerten, wenn auch vielleicht zunächst nur „intern“ durch Beiträge in unserem schönen neuen Organ StrahlenschutzPraxis?

M. Holl, Andernach □

Mehr Zurückhaltung

Bei der Bewertung von Strahlenschäden im Zusammenhang mit dem Unfall in Tschernobyl sollten wir Strahlenschützer meiner Meinung nach ein wenig Zurückhaltung üben. Ich denke hier an den Beitrag in Heft 1/95 auf S. 75. Wir sollten uns davor hüten, zu früh Sachen zu sagen, die wir nicht genau beantworten können. Wer kennt die Dosen, die die Liquidatoren bei den Aufräumarbeiten bekommen haben? Ich hätte ohne ein Dosimeter nichts zurück in den Reaktor geworfen. Genau so ist es mit den Schilddrüsenerkrankungen der Kinder. Wie kann ich

es wagen, eine Aussage zu treffen, wenn ich die Dosen nicht kenne? Wahrscheinlich haben einige Kinder recht hohe Schilddrüsendosen abbekommen. Man sollte sich jedoch davor hüten, die Meinung anderer zu wiederholen, wenn man sie wegen fehlender Daten und Tatsachen nicht bewerten kann. Ich bin in den 80er Jahren sehr skeptisch geworden, als sich viele aufgrund neuerer Daten in Hiroshima und Nagasaki in ihren Aussagen korrigieren mußten. Wenn ein Techniker sich um einen Faktor 3 „verhaut“, dann kann er in der „Wüste“ landen. Dies gilt offensichtlich nicht für die „Risikopäpste“!

H. Bonka, Aachen □

Notfallübung in Murmansk

RUSSLAND Rußland führte Ende Mai eine mehrtägige Notfallübung im Gebiet von Murmansk durch. Beim Szenario wurden Auswirkungen auf Nachbarländer angenommen. Dabei wurden auch internationale Informationswege erprobt (IAEA und NucNet). Neben russischen Einsatzorganisationen waren auch ausländische und internationale Experten und Beobachter beteiligt. (NucNet 31.5.95) □

Kernkraftwerken. Diese sollen alle auf stabilen Felsformationen stehen, auch schwerste Erdbeben überstehen können und haben Sicherheitseinrichtungen, die bei Erdbeben oberhalb einer festgelegten Stärke automatisch den Reaktor abschalten. □

Gammadosisleistungen, Alpha- und Betakonzentrationen in Luft sowie Radon und Radiojod messen. Im Mai 95 wurde nun auch das landesweite, 902 Stationen zur Gammadosisleistungsmessung umfassende Überwachungsnetz RAR der Zivilschutzbehörde in Betrieb genommen. Ein Abkommen regelt die Zusammenarbeit der beiden Netze. (NucNet 26.5.95) □

Betriebserfahrungen der Schweizer Kernkraftwerke 1994

SCHWEIZ Die Schweizerische Vereinigung für Atomenergie, SVA, CH-3001 Bern, hat in einer attraktiven gut illustrierten englischsprachigen Broschüre „Summary of Operating Experience in Swiss Nuclear Power Plants 1994“ die Betriebserfahrungen dargestellt. □

Deutsche Physikalische Gesellschaft gegen Ausstieg aus der Kernenergie

DEUTSCHLAND An ihrer Jahrestagung Ende März 1995 in Berlin gab die DPG eine Stellungnahme zu Klimaschutz und Energiepolitik ab. Nach Überzeugung der DPG kann eine Politik, die den Klimaschutz ernst nimmt, die Kernenergie nicht ausklammern. Diese müsse bis zum Jahr 2030 etwa 30% zur Stromerzeugung beitragen, und rund ein Drittel müsse durch erneuerbare Energien geliefert werden. (Physikalische Blätter Mai 95) ■

Das Erdbeben von Kobe und die Kernkraftwerke

JAPAN Nach Informationen von IAEA und NucNet blieben die acht zwischen 100 und 200 km vom Epizentrum des Erdbebens von Kobe gelegenen Leistungsreaktoren in sicherem Betrieb. Mit 7,2 auf der Richter-Skala war es das schwerste japanische Erdbeben seit fünf Jahrzehnten. Betreiber und Sicherheitsbehörden begannen trotzdem mit der Überprüfung von Auslegungsstandards, Richtlinien und Unfallvorsorgemaßnahmen für seismische Ereignisse in allen japanischen

Erweitertes Überwachungsmeßnetz

SPANIEN Die Spanische Aufsichtsbehörde Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) betreibt seit 1992 das Meßnetz REVIRA mit 25 Stationen in der Nähe der neun Kernkraftwerke, die



Deutschland, Schweiz, Österreich 1995

4.-8. Sept. Internat. Conference on Advances in Operational Safety at Nuclear Power Plants, Wien, A (IAEA, Fax 0043 1 234564)

9.-13. Sept. Seminar on the Use of Isotope Techniques in Marine Environmental Studies, Wien, A (IAEA, Fax 0043 1 234564)

20.-23. Sept. Röntgen-Gedächtnis-Kongress, Würzburg; Prof. Dr. J. Richter, Fax 0931 201 2221

27. Sept. 100 Jahre Röntgenstrahlen, Basel; Prof. Dr. J. Roth, Fax 0041 61 265 3135

26./27. Okt. Radioaktive Altlasten / Umweltradioaktivität 3. Internat. Symposium Strahlenschutz München, TÜV Akademie, D-80686 München

17.-18. Nov. 100 Jahre Röntgen. wissenschaftl. Tagung und Mitgliederversammlung, SGSMP Schweiz. Ges. f. Strahlenbiologie u. Medizinische Physik, Universität Zürich, PD Dr. C. Michel, IMR, PF 424, CH-8029 Zürich

24.-27. Sept. ENS TOPSAFE '95: Safety of Operating Nuclear Power Plants, Budapest, Ungarn
ENS, P.O. Box 5032, CH-3001 Bern
T. +41-31-320 6111, Fax: +41-31-3824466

18.-21. Nov. 1. Deutscher Kongress für Radioonkologie, Strahlenbiologie und Medizinische Physik, Baden-Baden, AKM Congress Service, D-79576 Weil am Rhein, Fax: 07621/78714

Deutschland, Schweiz, Österreich 1996

6.-7. März Zehn Jahre nach Tschernobyl, eine Bilanz; Seminar des Bundesamts für Strahlenschutz, München-Neuherberg. Prof. Dr. A. Bayer, Fax 089 31603 111

9.-12. April One Decade after Chernobyl: Summing up the Radiological Consequences, Wien, A (IAEA, Fax

0043 1 234564)

14.-19. April IRPA 9, International Congress on Radiation Protection, Wien, A (IRPA, Fax 0043 15867127)

9.-11. Sept. Second International Workshop on the Industrial, Medical and Military Applications of Radionuclides, Salzburg, CH (University of Salzburg, Fax 0043 662 8044 5704)

4.-7. Okt. 7th Internat. Symposium on Neutron Capture Therapy for Cancer, Zürich, Prof. B. Larsson Institut für Med. Radiobiologie (IMR)/PSI, August-Forel-Str. 7, CH-8029 Zürich

23.-25. Okt. Strahlenbiologie und Strahlenschutz Jahrestagung des FS, Hannover, D, Fax 04141-799454

Europa 1995

3.-7. Sept. Nuclear InterJura '95, International Nuclear Law Association, Helsinki, Finnland (INLA Fax 0032 25475610)

12.-13. Okt. Radon Policy: Theory and Practice, Brussels, B, Assoc. Belge de Radioprotection, R. Jacobs, B-9000 Gent, Fax: ++32-9-2646699

13.-17. Nov. 8. Symposium on Neutron Dosimetry: Advances in Nuclear Particle Dosimetry for Radiation Protection and Medicine, Paris, F (CEC, IPSN, PTB)

Europa 1996

20.-24. Mai Protection of the Natural Environment, Stockholm, S, (SSI, Fax: 0046 8 729 7108)

USA und Kanada 1995

3.-8. Dez. PATRAM '95, 11. Internat. Symposium on Packaging and Transportation of Radioactive Materials, Las Vegas, USA (DOE)

Detailinformationen zu einzelnen Tagungen sind den periodisch erscheinenden Tagungskalendern „Meetings on Atomic Energy“ der IAEA, dem DEMETER Kongresskalender Medizin oder dem Tagungskalender in „Health Physics“ zu entnehmen.

China 1996

14.-18. Okt. International Symposium on the Environment and Nuclear Energy, Beijing; veranstaltet von der Chinese Radiation Protection Society mit Unterstützung des FS: Der FS-Präsident W. Koelzer ist Mitglied des Organisationskomitees. (Direkter Fax ++86 105839375)

FS-Tagungen

1995

25.-28. Sept. Entsorgung, Wiederverwertung - Beseitigung

27. Jahrestagung Fachverband für Strahlenschutz, Wolfenbüttel
Fortbildungsveranstaltungen, Ausstellung, wissenschaftliche Exkursionen

FS-Tagungssekretariat, Frau U. Kastl, Boehringer Mannheim/ PU OU; Nonnenwald 2
D-82377 Penzberg
Fax 08856-60 3109

1996

23.-25. Okt. Strahlenbiologie und Strahlenschutz

Moderne Entwicklungen und Tendenzen in der Strahlenbiologie
28. Jahrestag des FS gemeinsam mit dem GAST, mit Industrieausstellung Hannover, im Copthorne-Hotel Hannover in D-30880 Hannover-Laatzten

Info: Dr. Dr. G. Heinemann
D-21683 Stade
Fax: ++49-4141-799454

1997

15.-18. Sept. Schutz vor Ionisierender und Nichtionisierender Strahlung. 29. Jahrestagung des FS, Luzern, Schweiz

VORSTAND UND DIREKTORIUM

**Sitzung des Direktoriums
22./23. Juni 1995 Zürich,
Nationale Alarmzentrale**

Vorstand und Direktorium des FS tagten unter dem Vorsitz des Wahlpräsidenten Dr. D. Becker, da Präsident Koelzer im Auftrag der EU in die USA reisen mußte.

Die Vorbereitungen für die Jahrestagungen 95, 96 und 97 laufen plangemäß. Für 1998 wird das Direktorium der Mitgliederversammlung auf Vorschlag von AKI und AKU eine Tagung zum Thema „Radioaktive Stoffe in Umwelt, Technik und Medizin“ mit Tagungsort Lindau (Inseltagung!) vorschlagen. Die Fortbildungstagung Reinhardsbrunn soll alle zwei Jahre durchgeführt werden und im Februar 1997 die Ultraviolettstrahlung zum Thema haben. Eine Einladung der slowakischen Gesellschaft an deren Jahrestagung wurde verdankt und mit einer Einladung an die Tagung Wolfenbüttel beantwortet.

Vertretung und Präsentation des FS am 9. IRPA-Kongreß im April 96 in Wien wurde besprochen. Die Delegation für die Generalversammlung wird im Herbst aufgestellt. Für die Unterstützung von Kongreßteilnehmern aus Osteuropa und Entwicklungsländern hat bis jetzt nur der FS der IRPA Geld überwiesen.

Die Mitgliederversammlung findet am 25. September im Theater Wolfenbüttel im Anschluß an die Eröffnungssitzung der Jahrestagung statt. Eine Beitragserhöhung soll für 1996 noch nicht beantragt werden; es sollen genauere Erfahrungswerte über die Kosten der Zeitschrift und Schätzungen der zukünftigen sonstigen Kosten für Verwaltung und Betrieb des FS abgewartet werden.

Die Vorarbeiten für das Strahlenschutzmuseum laufen weiter. Durch Vermitt-

lung von Frau Prof. Dörschel konnte eine vollständige Sammlung der in der DDR gebauten Strahlenmeßgeräte übernommen werden. Ein in den Ruhestand tretender Meßtechnik-Fachmann des FS wird beauftragt, die historische Entwicklung der Strahlenschutzmeßtechnik zu bearbeiten, als Richtschnur für die Ergänzung der Gerätesammlung.

Für die Bearbeitung der „Standpunkte des FS“ haben die meisten Arbeitskreise eine Fülle von Material bereitgestellt. Das Direktorium stimmt den Vorschlägen von Koelzer und Wernli zu, daß ab 1996 eine kleine Gruppe des Direktoriums Zielsetzungen für die Standpunkte erarbeitet und das vorhandene Material gemäß diesen konzentriert. Das erarbeitete Material soll in einer Dokumentation gesammelt werden, auf die bei Bedarf für detaillierte Stellungnahmen zurückgegriffen wird.

Publikationen des FS: Die Weiterbildungsveranstaltung 1993 „Epidemiologie“ von Rügen ist als TÜV-Publikation erschienen und kann beim Sekretär des AKS, Dr. Pfob, angefordert werden. Der vom AKA erarbeitete Entwurf einer Neufassung der Fachkunderichtlinie Technik zur StrlSchV wird an das BMU weitergeleitet. Von allen FS-Publikationen, auch jenen der AK, sollen zwei Archivexemplare dem Sekretariat

übergeben werden, davon wird ein Satz in der Literatursammlung des Museums gelagert. Die SSK-Publikationen können wegen der großen Mitgliederzahl des FS von der SSK-Geschäftsstelle nicht mehr an alle Mitglieder, sondern nur noch an Vorstand und Direktorium abgegeben werden. Die FS-Mitglieder können die Reihe aber beim Verlag mit 30% Ermäßigung abonnieren.

Die neue Zeitschrift „Strahlenschutz-Praxis“ wurde von den Lesern gut aufgenommen, ihre Meinung wird in dieser Nummer durch eine Umfrage erfaßt, deren Ergebnisse bei der Mitgliederversammlung vorgelegt werden sollen. Der größer als erwartet ausgefallene Umfang verursacht Mehrkosten, die Zahl der Inserenten hat noch nicht die erhoffte Größe erreicht. All dies wird bei den kommenden Diskussionen über eine Beitragserhöhung zu berücksichtigen sein. Es ist daher wichtig, daß sich möglichst viele Mitglieder an der Umfrage beteiligen. 1996 sollen sich verschiedene Beiträge auch mit den Auswirkungen von Tschernobyl und den in diesem Zusammenhang veranstalteten internationalen Fachtagungen befassen. Die Mitarbeit der Arbeitskreise in der Zeitschrift muß noch wesentlich verstärkt werden.

Nächste Sitzung: 24. Sept. in Wolfenbüttel. □

MITGLIEDERVERSAMMLUNG 1995

Montag, 25. September 1995, ca. 19 Uhr, anschließend an Eröffnungssitzung der Jahrestagung. Ort: Lessingtheater, Wolfenbüttel

Traktanden:

1. Bericht des Vorstandes
2. Finanzen: Rechnung 94, Budget und Beitrag 96, Entlastung des Vorstandes
3. Tagungen des FS

4. IRPA, Delegation für Generalversammlung 96

5. Aktuelle Probleme der Arbeitskreise

6. Verschiedenes

Auch FS-Mitglieder, die nicht an der Jahrestagung teilnehmen, sind zur Mitgliederversammlung eingeladen. Anträge an Mitgliederversammlung sind bis 10. Sept. an den Präsidenten des FS zu richten.

VERANSTALTUNGEN DES FS

STRAHLENBIOLOGIE UND STRAHLENSCHUTZ

Moderne Entwicklungen und Tendenzen in der Strahlenbiologie 28. Jahrestagung des FS

Hannover, 23.-25. Okt. 1996

Gemeinsam mit den Arbeitskreisen zu Strahlenwirkungen / Strahlenbiologie der im GAST zusammengeschlossenen Verbände

Tagungspräsident: Dr. Dr. G. Heinemann, Stade

Vorsitz Programmkomitee: Dr. med. H. Pfof, Karlsruhe

Vorsitz Organisationskomitee: Prof. Dr. K. Kirchhoff, Hannover

Themen:

1. Mikrodosimetrie unter biologischen Aspekten
2. Molekulare und zelluläre Mechanismen in der Strahlenwirkung
3. Neue molekularbiologische Methoden einschließlich Computersimulation der DNA
4. Verfahren der biologischen Dosimetrie
5. Genetische und pränatale Strahleneffekte (experimentell/epidemiologisch)

6. Kanzerogenese/Mutagenese

7. Strahlenbiologische Aspekte von Neutronen und dicht ionisierender Strahlung (Plutonium, Radon)

8. Strahlenbiologische Aspekte bei der medizinischen Diagnostik mit ionisierender Strahlung

9. Individuelle Strahlenempfindlichkeit

10. Industrieunfälle und daraus resultierende strahlenbiologische Erkenntnisse
Konferenzsprache: deutsch. Englische Beiträge zugelassen.

Einsendeschluß für Abstracts: 22.12.1995

Anmeldeschluß: 15.07.1996

Tagungsort/Unterkunft: Copthorne-Hotel Hannover, D-30880 Hannover-Laaten (Telefon: +49-511-9836-0, Fax: +49-511-9836 667)

Industrieausstellung im Tagungsgebäude.

Tagungssekretariat:

Dr. G. G. Heinemann, c/o Kernkraftwerk Stade, Postfach, D-21683 Stade, Telefon: +49-4141-772955, Fax: +49-414179954

ARBEITSKREISE DES FS

Arbeitskreis Dosismessung externer Strahlung (AKD)

Sekretär: E. Piesch, HS, FZK, D-76021 Karlsruhe

Kurzbericht von der 42. Sitzung am 04./05. Mai 1995 in Villigen, Schweiz

31 Mitglieder des AKD orientierten sich am 4. und 5. Mai im PSI über die neuesten Entwicklungen und Forschungsarbeiten in Personendosimetrie und Messung von Strahlenfeldern aller Art, über gesetzliche Grundlagen, wie die in Bearbeitung befindliche neue schweizerische Dosimetrieverordnung, PTB-Anforderungen, ISO-Normen sowie Vergleichsmessungen von Umgebungsdosimetern. Die Sektion Meßwesen der Abt. Strahlenhygiene zeigte ihre Radonkammer sowie die Dosimetrie- und Eichlabors.

Das Forschungszentrum Karlsruhe veranstaltete am 13. Juni anlässlich des Übertritts von E. Piesch in den Ruhestand ein Kolloquium zum Thema „Strahlenschutzmeßtechnik: Aktuelle Entwicklungen in der Dosimetrie“.

Arbeitskreis Notfallschutz (AKN)

Sekretär: M. Baggenstos, HSK, CH-5232 Villigen-HSK

Kurzbericht von der 7. Sitzung am 14./15. Februar 1995 im KKW Brokdorf

Der AKN informierte sich am 14. und 15. Februar über den anlageninternen Notfallschutz im Kernkraftwerk Brokdorf und über das Umgebungsüberwachungssystem CAISE, das auch Entscheidungshilfen bei Störfällen bietet. An der Sitzung wurden die Folgerungen aus dem Notfallschutzseminar in München gezogen. Für 1996 wird ein weiteres Seminar über Entscheidungsfindung im Ereignisfall geplant. Medizinische Aspekte und

AN ALLE MITGLIEDER

Redaktionsschluß für Mitteilungen und Ankündigungen in der StrahlenschutzPraxis

Die Erscheinungsdaten der vier Ausgaben unserer Zeitschrift sind 29. Febr., 30. Mai, 29. Aug. und 28. Nov. Die Redaktion muß ihr Textmaterial auf folgende Termine hin an den Verlag liefern: 18.12., 20.3., 21.6. und 19.9. Damit den Redaktoren auch noch einige Tage für die Textverarbeitung bleiben, sollten Informationen für die jeweils nächste Nummer bis zu folgenden Daten bei uns eintreffen: 8.12., 8.3., 7.6. und 8.9. Ankündigungen für den Ta-

gungskalender brauchen nur einmal eingegeben zu werden, dieser wird gleitend weitergeführt.

Veröffentlichungen der SSK

Bei der heutigen Größe des FS ist es der Geschäftsstelle der Strahlenschutzkommission (SSK) leider nicht mehr möglich, die SSK-Publikationen allen FS-Mitgliedern kostenlos zur Verfügung zu stellen. Die Mitglieder des FS können aber die SSK-Reihe beim Gustav Fischer Verlag Stuttgart, Jena mit 30% Ermäßigung abonnieren. Einzel Exemplare sind über den Buchhandel zu beziehen.

Öffentlichkeitsarbeit möchte man zusammen mit anderen Arbeitskreisen aufgreifen. Zum anlageninternen Notfallschutz wurden die Alarmierungskriterien und die Aufteilung der Verantwortlichkeiten in Deutschland und in der Schweiz diskutiert sowie die Übermittlung von Anlagenparametern an die Notfallstäbe der Behörden.

Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung (AKNIR)

Sekretär: N. Krause, BG Feinmech. u. Elektrotechn., Gustav-Heinemann-Ufer 130, D-50968 Köln

Kurzbericht der 23. Sitzung am 11./12. Oktober 1994 in Buchs (Schweiz)

Der AKNIR traf sich am 11. und 12. Oktober 1994 im Neuen Technikum Buchs/SG. Er orientierte sich über neue Forschungsergebnisse, u.a. im Zusammenhang mit dem Mobilfunk, Richtlinien und Vorschriften und nahm zu einer EU-Richtlinie Stellung. Die Loseblattsammlung über nichtionisierende Strahlung soll bis Frühjahr 1995 aktualisiert und dann wieder veröffentlicht werden. Der Arbeitskreis beteiligt sich auch an der Erarbeitung der FS-Standpunkte zum Strahlenschutz.

Arbeitskreis Umweltüberwachung (AKU)

Sekretär: Dipl.-Phys. Manfred Winter, Forschungszentrum Karlsruhe
Kurzbericht von der 53. Sitzung am 4./5. Mai 1995 in Schlema

Der erste Teil der Sitzung befaßte sich auf Grund der Wahl des Sitzungsortes mit dem Thema der bergbaubedingten Umweltradioaktivität in Sachsen. Dazu wurden einleitend zwei Referate

- Erfassung und Bewertung bergbaubedingter Radioaktivität und
- das Umweltmonitoring der Sanierungsbetriebe der Wismut GmbH am Beispiel des Sanierungsbetriebes Aue gehalten. Vortragende waren der Gastgeber Herr Dr. Meyer, Leiter der Informationsstelle des BFS zur radiolo-

gischen Situation in Bergbaugebieten, und Herr Dr. Knoch-Weber von der Unternehmensleitung der Wismut GmbH. Bei einer von der Wismut GmbH organisierten Haldenbefahrung in der Umgebung von Schlema wurden Umfang und Ausmaß der infolge des Uranerzbergbaues notwendigen Sanierungsarbeiten deutlich.

Nach Informationen über die letzte Direktoriumssitzung des FS mit AK-Sekretären wurden 12 Tischvorlagen behandelt. Diese beinhalteten auch die Berichte der Ad-hoc-Arbeitsgruppen: „In-situ-Gammaspektrometrie“, „Hot-Particles in Umweltproben“, „Berichterstattung gemäß der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI)“, „Statusreport Überwachungsdefizite bei der Emissionsüberwachung gemäß § 46 StrlSchV“ sowie „Nachweisgrenzen“. Eine neue Ad-hoc-Arbeitsgruppe wird sich mit der „Umgebungsüberwachung in Kernkraftwerken in der Stilllegungs- und in der Nachbetriebsphase“ befassen.

Einen weiteren Schwerpunkt bildete der Bericht des Redaktionsausschusses zur Aktualisierung der Loseblattsammlung des AKU. Weiterhin wurde über den Stand der Beratungen zur Erstellung der Anhänge B (Brennelementfabriken) und C (Brennelementzwischenlager und Endlager für radioaktive Abfälle) der REI in den entsprechenden Gremien kurz berichtet.

Die nächsten Sitzungen des AKU finden am 12./13. Oktober 1995 in der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz und am 14./15. März oder 07./08. März 1996 im Bundesamt für Gesundheitswesen in Fribourg / Schweiz statt. □

Arbeitskreis Rechtsfragen (AKR)

Sekretär: Dr. Werner Bischof, Institut für Völkerrecht der Universität Göttingen

Kurzbericht von der 11. Sitzung am 2./3. Februar 1995 in Dresden

Gegenstand der Beratungen waren Vorbereitungen für die Jahrestagung des Fachverbandes im September 1995 zum Thema „Entsorgung“ sowie die Vorbereitung von Beiträgen des Arbeitskreises zu den „Standpunkten des Fachverbandes zum Strahlenschutz“ hinsichtlich des sachlichen Geltungsbereiches des Strahlenschutzes, seiner Beiträge zum internationalen und europäischen Recht und den Rahmen der rechtlichen Einbeziehung der natürlichen Strahlenexposition sowie in bezug auf die innerbetriebliche Strahlenschutzorganisation. Die 12. Sitzung des AKR findet am 26./27. Juni in Berendorf und Morsleben statt.

Arbeitskreis Entsorgung (AKE)

Sekretär: Dr. G.G. Eigenwillig, Siemens AG, Offenbach

Kurzbericht von der 18. Sitzung am 29./30. März 1995 in Stuttgart

Die Sitzung fand im Umweltministerium Baden-Württemberg in Stuttgart statt. Schwerpunktmäßig wurden folgende Themen behandelt. Herr Dr. Thierfeldt stellte die Ergebnisse der Brenk-Studien aus den vergangenen sechs bis sieben Jahren vor, die der Grenzwertfindung für die Freigabe von Reststoffen und schwachradioaktiven Abfällen dienen. Ein Vergleich mit der Poschner-Schaller-Studie zeigt, daß die Studien in wesentlichen Punkten zu vergleichbaren Ergebnissen kommen. In der Diskussion wurde auf Beispiele aus der Praxis eingegangen und über ein Freigabeverfahren für große Mengen von Abrißmaterial aus der Stilllegung berichtet mit den zentralen Punkten: Ermittlung der Aktivität schwer nachweisbarer Radionuklide, zu berücksichtigende Radionuklide, Erkennungsgrenzen und Mittlungsmassen. Der BMU hat Freigabekriterien und Freigabeverfahren zur probeweisen Anwendung an die Bundesländer verteilt. Der AKE wird sich in die Fachdiskussion einbringen. Herr Dr. Hoegl und Frau Dr. Przyborowski stellten eine Empfehlung des AKR zur

Fortsetzung auf Seite 85

In memoriam Felix Wachsmann

Prof. Dr.-Ing. Felix Wachsmann, ehemaliger Direktor des GSF - Instituts für Strahlenschutz und langjähriges Mitglied im Fachverband für Strahlenschutz, ist am 28. Mai 1995 im 91. Lebensjahr verstorben. Er hat auf vielen Gebieten, die wir heute unter den Begriffen Medizinische Physik und Strahlenschutz zusammenfassen. Beispielhaftes geleistet.

Felix Wachsmann, am 20. Dezember 1904 in Banja Luka, Bosnien geboren, ging in Siebenbürgen zur Schule, studierte Elektrotechnik an den Technischen Hochschulen Danzig und München, promovierte 1934 dortselbst und habilitierte sich 1951 für das Fach „Physikalische und Medizinische Strahlenkunde“ an der Universität Erlangen. Stationen seiner beruflichen Laufbahn waren ab 1930 die Firma Siemens in Bukarest im Bereich Röntgentechnik und Elektromedizin, ab 1939 das Robert-Koch-Krankenhaus als Leiter des Werner-Siemens-Instituts für Röntgenforschung, 1944 das Röntgenröhrenwerk von Siemens in Rudolfstadt und ab 1945 der Forschungsbereich der Firma Siemens in Erlangen in enger Zusammenarbeit mit der Medizinischen Klinik in der dortigen Universität. Er stand ab 1957 dem Institut für Physikalische und Medizinische Strahlenkunde der Universität Erlangen vor und übernahm 1965 die Leitung des Instituts für Strahlenschutz der damaligen Gesellschaft für Strahlenforschung in Neuherberg bis zu seiner Pensionierung im Jahre 1972.

Schwerpunkte seiner Forschungsarbeiten waren die Weiterentwicklung therapeutischer Bestrahlungstechniken und der physikalischen Strahlenplanung, insbesondere zur Nah- und Bewegungsbestrahlung, Untersuchungen über den Einfluß der Be-

strahlungsfractionierung und -prothierung, die Kombination von Hyperthermie und Strahlentherapie, ein Thema, das auch heute wieder von großer Aktualität ist, Überlegungen zur intraoperativen Bestrahlung, die Reduzierung der Patientenexposition in der medizinischen Röntgendiagnostik sowie Entwicklungen auf dem Gebiet des beruflichen Strahlenschutzes, insbesondere die Einführung der Personendosisüberwachung in der Bundesrepublik Deutschland, noch bevor es gesetzliche Grundlagen hierzu gab. Felix Wachsmann sprach außer Deutsch auch Englisch, Französisch, Italienisch, Spanisch, Ungarisch, Rumänisch und Jiddisch. Seine Publikationsliste umfaßt über 300 Veröffentlichungen, 5 Monographien, insbesondere das Nachschlagewerk „Kurven und Tabellen für die Radiologie“. Die Liste seiner Diplomanden und Doktoranden übersteigt die Zahl 200.

Auch nach seiner Pensionierung blieb Felix Wachsmann wissenschaftlich aktiv, arbeitete unermüdlich, voller Disziplin und immer auf die korrekte Einhaltung der Dienstzeit bedacht. In dieser Zeit entstanden noch 66 Veröffentlichungen, u.a. sein Bestseller „Strahlenschutz geht uns alle an“ sowie „Strahlenschutzbelehrungen“ und Handbuchbeiträge zur Strahlenmeßtechnik.

1985 lernte Felix Wachsmann den amerikanischen Strahlenbiologen Luckey kennen, der im Bereich kleiner Dosen biopositive Strahlenwirkungen nachzuweisen versuchte. Der lebenslange Strahlenschützer Felix Wachsmann widmete sich fortan intensiv mit dieser für ihn neuen, wenn auch umstrittenen Thematik. In seinen letzten Veröffentlichungen wandte er sich energisch gegen die übertriebene Strahlenangst, sein Artikel „Die Strah-

lengefahr - realistisch gesehen“ in der Zeitschrift Naturwissenschaften erhielt annähernd 250 Sonderdruckanforderungen, der Artikel „Sind kleine Dosen wirklich so gefährlich?“ wurde von der Hauszeitschrift electromedica der Firma Siemens in 5 Sprachen in über 100.000 Exemplaren verteilt. Zum deutlichen Ausdruck seiner Besorgtheit über die übertriebene Strahlenangst wurde der von seiner Frau und ihm eingesetzte „Eugenie und Felix-Wachsmann-Preis“, der alljährlich von der Deutschen Röntgengesellschaft für herausragende wissenschaftliche Leistungen verliehen wird, die den Nutzen ionisierender Strahlung in der Medizin und Argumente gegen die übertriebene Strahlenangst zum Gegenstand haben.

Er hat in seinem Leben zahlreiche Anerkennungen und Ehrungen erfahren, unter anderen wurde ihm das große Verdienstkreuz der Bundesrepublik Deutschland verliehen. Er war Ehrenmitglied von acht Röntgengesellschaften in Europa und Übersee, der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, der Vereinigung Deutscher Strahlenschutzärzte und des Institute of Physical Sciences in Medicine. Er erhielt den Goldenen Schlüssel der Stadt Tokio für seine Verdienste um die Strahlenmedizin.

Felix Wachsmann verband die Vision eines Wissenschaftlers mit der Pragmatik des Ingenieurs und verlor dabei nie die technische und insbesondere auch finanzielle Realisierbarkeit eines Ziels aus den Augen. Er war vielen ein Lehrer und Vorbild. Er war sich seines erfüllten Lebens bewußt und ging dem Tod gefaßt entgegen. Felix Wachsmann wird mit seinen Ideen, seiner unermüdlichen Schaffenskraft und Disziplin in unserer Mitte weiterleben. **D. Regulla** □

Fortsetzung von Seite 83

Definition nicht radioaktiver Stoffe vor, die bereits in einer Arbeitsgruppe des AKE behandelt wurde. Die Empfehlung des AKR wird von einer gemeinsamen Redaktionsgruppe aus AKR und AKE überarbeitet. Ferner wurde in der Sitzung auf das Gefahrgutrecht und die Vorbereitung der FS-Jahrestagung

1995 eingegangen, und es gab einen Überblick über den Stand der Endlagerung in der Welt und über die Akzeptanzdiskussion in den Ländern Schweden, Schweiz, USA und Bundesrepublik Deutschland. - Die 19. Sitzung des AKE findet am 9. und 10. November 1995 statt. □

08. Sitzung 07./08.09.95, Brenk Systemplanung Aachen

- Nichtionisierende Strahlung (AKNIR) 25. Sitzung 05./06.10.95, Emmerich Rechtsfragen (AKR) 13. Sitzung 19./20.10.95, Lörrach/Basel
 - Strahlenwirkung - Strahlenbiologie (AKS) 11. Sitzung 18./19.09.95, Hannover
 - Umweltüberwachung (AKU) 54. Sitzung 12./13.10.95, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
 - Groupe Francophone (AK SFRP) lag bei Redaktionsschluß nicht vor.
 - Nachweisgrenzen (AK SIGMA) lag bei Redaktionsschluß nicht vor.
- Nähere Informationen über die Arbeitskreis-Sekretäre gemäß Adressenliste in StrahlenschutzPraxis Heft 1/95, Seite 78/79

FS-Arbeitskreise: Sitzungstermine

- Uranbergbau und radioaktive Altlasten (AKURA) lag bei Redaktionsschluß nicht vor
- Ausbildung (AKA) 49. Sitzung 13./14.11.95, Röntgenmuseum Lennep
- Dekontamination (AKK) 17. Sitzung 06./07.11.95 Berlin-Karlshorst

- Dosismessung externer Strahlung (AKD) 43. Sitzung 29./30.11.95, GSF Neuherberg
- Entsorgung (AKE) 19. Sitzung 09./10.11.95, voraussichtlich NAGRA, CH
- Inkorporationsüberwachung (AKI) 45. Sitzung 09./10.11.95, Forschungszentrum Karlsruhe
- Notfallschutz (AKN)

Was macht eigentlich der Arbeitskreis „Dosismessung externer Strahlung“?

Mit der Gründung des Arbeitskreises Dosismessung externer Strahlung (AKD) im Jahre 1974 wurde das Ziel verfolgt, alle anstehenden meßtechnischen Fragen der Personen- und Ortsdosimetrie, also der Strahlenschutzmeßtechnik, umfassend zu behandeln. Der AKD will auf dem Arbeitsgebiet der externen Dosimetrie Mittler sein zwischen den praktischen Aufgaben des Strahlenschutzes und den technischen Entwicklungen der Meßtechnik. Dazu bietet er ein Diskussionsforum für praktische Strahlenschutzphysiker, Vertreter der PTB und der Universitäten sowie von Behörden, Entwicklern von Meßgeräten und von Meßgeräteherstellern mit dem Ziel eines Erfahrungsaustausches, einer Verbesserung der Meß- und Kalibrierverfahren, einer Abstimmung und Koordinierung der laufenden Entwicklungsarbeiten sowie ver-

waltungs- und meßtechnischer Anforderungen. Aktuell anstehende Fragen der Strahlenschutzmeßtechnik bestimmen hierbei die Vielfalt der interessierenden Themen. Hierzu zählen die Information und der Erfahrungsaustausch über Neuentwicklung, Erprobung und Anwendung von Geräten und Meßmethoden, aber auch die Diskussion und Stellungnahme zu Entwürfen und Veröffentlichungen von nationalen und internationalen Gremien, Richtlinienanforderungen, DIN-Normen, Empfehlungen der IEC, ISO, ICRU und ICRP. Die Erfordernisse für eine Strahlenschutzüberwachung werden zwar durch Verordnungen und Richtlinien geregelt. Diese ermöglichen jedoch nicht automatisch die stetige Anpassung der Strahlenschutzmeßtechnik an den Stand der Technik. Auswahl und Einsatz von Strahlenschutz-

meßverfahren sind daher für den Anwender von besonderem Interesse. Zum Themenkatalog zählen u.a. Vergleichsmessungen, Anforderungen an Geräte, Eignungstest, Kalibriervorschriften, Messung des natürlichen Strahlenpegels, Photonenstrahlungsfelder bis 10 MeV, Beta-/Gammadosimetrie, Neutronenmeßverfahren, gemischte Strahlungsfelder. Innerhalb einer vom AKD organisierten Vergleichsmessung wurden 1978 die Testergebnisse von 43 Dosimetriesystemen aus 17 Laboratorien vorgestellt. Neue Erkenntnisse brachte das Testprogramm u.a. durch die Vorgabe eines Meßverfahrens zur Umgebungsüberwachung mit Festkörperdosimetern unter Berücksichtigung aller relevanten Einflußgrößen. Die Ergebnisse der FS- und Euratom-Berichte sind in entsprechende DIN-Normen und die PTB-Bauartzulassung eingegangen und waren auch international die Grundlage für Mindestanforderungen und technische Empfehlungen an Festkörperdosimeter in der Personendosimetrie und der Umgebungsüberwachung.

Weitere Vergleichsbestrahlungen wurden bei der GSF im Bereich höherer Dosen sowie bei CERN in relativistischen Myonenstrahlenfeldern durchgeführt.

Die neuen ICRU-Meßgrößen beschäftigten den AKD in den letzten 10 Jahren bis heute nachhaltig. Die Ergebnisse eines entsprechenden AKD-PTB-Vergleichsprogrammes für Personendosimeter wurden in einem AKD-Seminar und PTB-Bericht vorgestellt. In einem neuen z.Zt. bei der PTB laufenden Vergleichsprogramm wird der langzeitige Einsatz von Ortsdosimetern und Dosisleistungsmesssystemen in der Umgebung getestet und u.a. auch der Eigennulleffekt der Detektoren und das Ansprechen gegenüber kosmischer Strahlung untersucht.

Eine wichtige Aufgabe sieht der AKD in der Vorstellung und Diskussion von Entwicklungsarbeiten schon im frühen Stadium vor einer Veröffentlichung, die für alle Beteiligten zu vielseitigen Anregungen, Verbesserungen, aber auch zu einer fruchtbaren Koordinierung der Arbeiten führen. Beispielhaft sei hier angeführt die aktuelle Diskussion zum Stand der Technik, die Berichterstattung über Tagungen, die Vorstellung von Industrieentwicklungen, von Meß- und Kalibrierverfahren, die Problematik der Beta- und Photonenmessung für Strahlung geringer Eindringtiefe.

Bei den Meßtechnik-Jahrestagungen des FS in Alpbach (1975), München (1982), Aachen (1991) und Karlsruhe (1994) wurde in Ergänzung zu Einzelbeiträgen eine ausgewogene Übersicht über den Entwicklungsstand der dosimetrischen Meßtechnik gegeben. Im Auftrag des BMU wurde im AKD der Entwurf einer Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle bei externer Strahlung bereitgestellt. Das nach wie vor große Interesse der Mitglieder an den AKD-Sitzungen, das sich in einer mittleren Teilnehmerzahl von 30 zeigt, ist zweifellos der Erfahrungsaustausch, der zwanglos offen

und kritikfreudig verläuft und der mit großer Intensität und Fachkompetenz gepflegt wird. Er bietet allen Beteiligten vielseitige Anregungen, insbesondere den Vertretern der Fachgremien eine Verbesserung der Arbeitsgrundlagen und den Geräteherstellern und Anwendern neue Impulse zur Verbesserung der Strahlenschutzüberwachung. ■



AUTOR

Dipl.-Phys. Ernst Piesch, geb. 1930, Studium der Physik an der TU Karlsruhe, Diplom 1955. Nach Tätigkeit in der Industrie seit 1959 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungszentrum Karlsruhe, seit 1968 Leiter der Abteilung Dosimetrie, seit 1974 Sekretär des AKD.

Arbeiten zur Entwicklung und Verbesserung dosimetrischer Meßverfahren, u.a. Photolumineszenz- und Thermolumineszenzdosimetrie zur Personen- und Umgebungsüberwachung, Beta-Teilkörperdosimetrie, Albedoneutronendosimetrie, Neutronendosismeßgeräte, Kernspurdetektoren zur Neutronen- und Radondosimetrie. Mitarbeit in Ausschüssen von DIN, SSK, Eurados, ICRU und im Editorial Board der Zeitschriften Radiation Protection Dosimetry und Radiation Measurements. Mitorganisator verschiedener internationaler Konferenzen.

.....

Was macht eigentlich der Arbeitskreis „Entsorgung“?

Bei der Handhabung radioaktiver Stoffe in Forschung, Medizin, Industrie und Energiewirtschaft fallen radioaktive Reststoffe an. Werden Reststoffe nicht wiederverwertet, so müssen sie als radioaktive Abfälle entsorgt werden. Die Entsorgung radioaktiver Abfälle umfaßt deren Sammlung, Verarbeitung, Verpackung, Transport und Zwischenlagerung und findet ihren Abschluß durch deren Endlagerung. Dabei sind vielfältige Strahlenschutzaspekte berührt, die das Personal, die

Bevölkerung und die Umwelt betreffen. Strahlenschutzaspekte sind u. a. Strahlenexpositionen bei den Einzelschritten der Entsorgung, die Erstellung von Richtwerten für die Entlassung ausgewählter radioaktiver Abfälle aus dem Bereich des Atomrechts, Vorschläge für eine Definition nicht radioaktiver Stoffe, Meßkonzepte und Meßverfahren, Vorschläge zur Harmonisierung von Atom und Gefahrgutrecht bei dem Transport radioaktiver Stoffe und die Diskussion von Endlagerkonzepten, z. B. in tiefen geologischen Formationen oder in oberflächennahen Deponien. Die Endlagerung muß der ultimative Schritt der Entsorgung radioaktiver Abfälle sein und hat letztlich langfristig den ausreichenden radiologischen Schutz der Biosphäre zu gewährleisten.

Diese Beispiele zeigen, daß der FS entsprechend seiner satzungsgemäßen Zweckbestimmung gefordert ist. Die Pflege und die Förderung des Schutzes gegen die schädlichen Wirkungen ionisierender und nichtionisierender Strahlen als wissenschaftliche und als berufliche Aufgabe. Zur Behandlung von Fachfragen werden Arbeitskreise gegründet, und folgerichtig gilt dies auch für die Entsorgung. Die Gründungsversammlung des Arbeitskreises Entsorgung (AKE) fand 1995 in der Schweiz statt. Sekretär des AKE wurde Herr F. Stalder, der dieses Amt erfolgreich bis 1992 wahrnahm. Zu seinem Nachfolger wurde Herr G. G. Eigenwillig und als Stellvertreterin Frau U. Kastl gewählt. Der AKE hat z. Z. mehr als 60 Mitglieder, die in Forschung, Industrie, Energiewirtschaft, Gutachterorganisationen und Behörden tätig sind. Das ermöglicht den Austausch von Kenntnissen und Erfahrungen auf verschiedenen Arbeitsgebieten der Entsorgung und die fachliche Auseinandersetzung von unterschiedlichen Positionen. Die im zweiten Absatz beispielhaft erwähnten Themen werden in Arbeitsgruppen aufgearbeitet. Die sich daraus ergebenden

Stellungnahmen werden im AKE besprochen und verabschiedet. Der AKE trifft sich zweimal im Jahr zu Arbeitssitzungen. Je nach Thema werden die Stellungnahmen des AKE verbandintern oder verbandsextern (z. B. BMU, BFS, BMV, HSK) vorgestellt. Auf dieser Grundlage werden auch Beiträge für die Öffentlichkeitsarbeit des FS erstellt, für die Herr J. Brauns zuständig ist. Der AKE ist für die FS-Jahrestagung 1995 „Entsorgung: Wiederverwendung - Beseitigung“ programmatisch verantwortlich. In Übersichtsvorträgen werden juristische und technische Themen ebenso behandelt wie persönliche Anforderungen. Die Übersichtsvorträge ergeben insgesamt einen generellen Überblick über die Entsorgung. Einzelne Aspekte werden durch Kurzvorträge und Poster vertieft. Zusätzliche Veranstaltungen sind ein wissenschaftliches Begleitprogramm, ein Rahmenprogramm und eine Industrieausstellung. ■


AUTOR

Dr. Gerd Georg Eigenwillig, geboren 1939, Studium der Chemie an der Philipps-Universität in Marburg und Promotion 1968. Seit 1969 Arbeit in der Kerntechnik: Chemische und radiochemische Verfahrenstechnik, Sicherheitsanalysen, Strahlenschutz, Entsorgung. Hauptreferent für Vertrieb von Entsorgungsanlagen und Endlagerung bei der Siemens AG. Periodische Mitarbeit in Gremien von KTA, IAEA, BG FuE, FS, SSK, HVVG und DGB. Sekretär des AKE seit 1992.

ANSCHRIFT DES AUTORS

Dr. Gerd G. Eigenwillig, Siemens AG, Energieerzeugung (KWU) NS-B, Postfach 10 10 63, 63010 Offenbach am Main.

Berichtigung

Neue Mitglieder, Heft 2/95 S. 71
Herr Stud. Ing. R. Hofmann, GSF

News from the FS

- The third announcement for the annual congress 1995 on waste management from Sept. 25 to 28 at Wolfenbuettel has been distributed.
- Radiation Biology and Radiation Protection is the topic of the 1996 congress from Oct. 23-25 1996 at Hannover in cooperation with other scientific societies in related fields. The first announcement is now available in German and English.
- For the 1997 congress from Sept. 15 to 18 at Lucerne, Switzerland, on „Protection Against Ionizing and Non-ionizing Radiation - Implementation of Safe Working Practices“ a program concept is being elaborated.
- For 1998 a proposal for an island meeting at Lindau on the Lake of Constance has been received, the preliminary topic: „Radioactive Substances in Environment, Technology and Medicine“.
- The preparations for a radiation protection museum continue. A complete collection of monitoring instruments produced in the former GDR was made available, and a retired member will compile a history of radiation monitoring as a guideline for the future completion of the museum collection.
- The Working Groups have supplied a wealth of material for the elaboration of a new position paper of the FS. A small team of the Board will now concentrate this material.
- As a new FS publication (Verlag TÜV Rheinland, Cologne) the lectures of the 1993 course on epidemiology are now available, and the proceedings of the coming 1995 congress on waste management are in press for distribution at the opening of the congress. □

Nouvelles du FS

- La troisième annonce du congrès annuel du 25 au 28 septembre 1995 à Wolfenbuettel au sujet des déchets a été distribuée.
- Le sujet du congrès du 23 au 25 octobre 1996 à Hannover sera „Radiobiologie et radioprotection“, qui sera organisé en collaboration avec d'autres sociétés intéressées; la première annonce est disponible en allemand et en anglais.
- Pour le congrès du 15 au 18 septembre 1997 à Lucerne (Suisse) au sujet de „Protection contre radiations ionisantes et non-ionisantes - implémentation de pratiques de travail sûres“ on est en train d'élaborer le concept du programme.
- Pour le congrès 1998 on discute un propos pour un autre congrès sur une île, cette fois à Lindau au lac de Constance, au sujet préliminaire „Substances radioactives dans l'environnement et en technique et médecine“.
- Le musée de radioprotection fait du progrès, on a reçu une collection complète de tous les instruments de mesures en radioprotection fabriqués dans l'ancienne RDA. Un membre du FS étudie l'histoire de l'instrumentation en radioprotection comme guide pour compléter la collection.
- Les groupes de travail ont préparé un tas de matériel pour la future prise de position du FS en matière de radioprotection. Un petit groupe du comité directeur sera chargé d'en préparer un résumé.
- Le cours d'épidémiologie, donné à Ruedgen en 1993, est paru comme publication FS à la maison Verlag TÜV Rheinland, Cologne. Le compte-rendu du congrès '95 est dans l'imprimerie et sera distribué au début du congrès. ■

FACHVERBAND FÜR STRAHLENSCHUTZ e.V.

Entwicklung

Im Jahre 1964 bildeten die im deutschsprachigen Raum wohnenden Mitglieder der amerikanischen HEALTH PHYSICS SOCIETY (HPS) die Zentraleuropäische Sektion der HPS. Diese wurde 1966 bei der Gründung der IRPA, der INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION, als FACHVERBAND FÜR STRAHLENSCHUTZ e.V. (FS) eine selbständige Gesellschaft. Der FS vertritt Deutschland und die Schweiz in der Dachorganisation IRPA. An der Jubiläumstagung 1991 in Aachen vereinigte sich der FS mit der Vereinigung für Strahlenforschung und Strahlenschutz (VSS) der ehemaligen DDR und hat nun auch Strahlenschutzfachleute der neuen Bundesländer als Mitglieder.

Aufgaben und Ziele

Der Tätigkeitsbereich des FS umfaßt den gesamten Strahlenschutz und verwandte Gebiete, insbesondere Austausch von Informationen und Erfahrungen aus dem wissenschaftlichen und praktischen Strahlenschutz, Förderung von Forschung und Technik, Anregungen zu Aus- und Weiterbildung sowie zur Klärung von Rechtsfragen, Beteiligung an der Ausarbeitung von Gesetzen, Verordnungen, Normen, Richtlinien, Empfehlungen, Arbeitsvorschriften etc., Mitarbeit bei der Aufstellung von Plänen für Maßnahmen gegen radiologische Zwischenfälle und Katastrophen, Hilfe bei der Erhaltung und Wiederherstellung der radiologischen Sicherheit, Information der Öffentlichkeit.

In seinen wissenschaftlichen Jahrestagungen markiert und publiziert der FS den jeweiligen Stand von Forschung und Praxis in allen Bereichen des Strahlenschutzes. Daneben führt der FS zahlreiche Seminare und Fortbildungsveranstaltungen durch.

Der FS unterhält enge Kontakte zu anderen Fachgesellschaften in den IRPA-Mitgliederländern, besonders in Strahlenschutzmedizin, medizinischer Physik, Strahlenbiologie, Kerntechnik, und im Gemeinschaftsausschuß „Strahlenforschung“ (GAST), die sich auch in gemeinsamen Tagungen niederschlagen.

Arbeitskreise

Wichtigste Mittel für den ständigen Erfahrungs- und Informationsaustausch sind die gegenwärtig 13 Arbeitskreise: Uranbergbau u. radioaktive Altlasten / Ausbildung / Dekontamination / Dosismessung externer Strahlung / Entsorgung / Inkorporationsüberwachung / Notfallschutz / Nichtionisierende Strahlung / Rechtsfragen / Strahlenwirkungen - Strahlenbiologie / Umweltüberwachung / Groupe Francophone / Nachweisgrenzen.

Publikationen

Die mittlerweile über 70 FS-Berichte, die ursprünglich im Selbstverlag publiziert wurden, erscheinen seit 1989 überwiegend in der Publikationsreihe „Fortschritte im Strahlenschutz“ (ISSN 1013-4506) beim Verlag TÜV Rheinland, Köln. Sie umfassen die Tagungsberichte, Seminarberichte sowie zahlreiche Arbeiten aus den Arbeitskreisen des FS, z.T. als Lose-Blatt-Sammlungen. Die Zeitschrift StrahlenschutzPraxis aus dem Verlag TÜV Rheinland ist das Publikationsorgan des FS.

Mitgliedschaft im FS:

Der FS hat derzeit (Sept. 94) etwa 1330 Einzelmitglieder, davon etwa 150 aus der Schweiz und 30 fördernde Firmenmitglieder. Seine Mitglieder arbeiten in Großforschungszentren, Universitäten, staatlichen Forschungsanstalten, Industrie (Produktion und

Forschung), Behörden, Ingenieurbüros, Kernkraftwerken, Fachschulen, Medizin u.a.

Ordentliches Mitglied des FS kann werden, wer ein abgeschlossenes Hoch- oder Fachschulstudium bzw. eine gleichwertige Ausbildung oder eine besondere Strahlenschutzausbildung nachweist, eine mindestens einjährige Tätigkeit auf dem Gebiete des Strahlenschutzes und zwei FS-Mitglieder als Bürgen vorweisen kann. Über Sonderfälle mit angepaßten Bedingungen entscheidet der Vorstand. Es besteht auch die Möglichkeit der außerordentlichen (Studenten, Interessenten aus anderen Gebieten) und der fördernden Mitgliedschaft (Firmen, Institutionen). Die Bedingungen dafür sind beim Sekretariat zu erfragen.

FS-Mitglieder erhalten die Tagungsberichte und die meisten anderen Publikationen des FS gratis zugestellt. Der Bezug der Zeitschrift StrahlenschutzPraxis ist im Mitgliederbeitrag inbegriffen.

Antragsformulare für die Mitgliedschaft sowie die Satzung des FS können beim Sekretär angefordert werden.

Vorstand 1995:

Präsident: W. Koelzer, Forschungszentrum Karlsruhe

Wahlpräsident: Dr. D. Becker, Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter

Sekretär: H. Brunner, Nationale Alarmzentrale, Zürich

Schatzmeister: D. Borchardt, Hahn Meitner Institut Berlin

Informationsbeauftragter:

Dr. R. Maushart, Straubenhardt

Sekretariat: FS, c/o H. Brunner Nationale Alarmzentrale

Postfach

CH-8044 Zürich

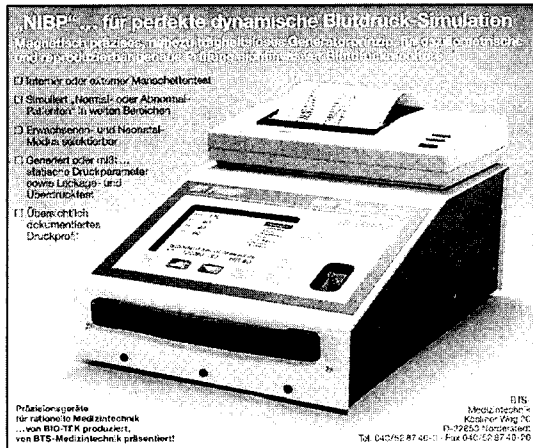
Tel.: +41-1-256 9448,

Fax. +41-1-256 9497

MEDIZIN UND TECHNIK

mt medizin technik

- Aus dem Inhalt:
- Sicherheitstechnische Kontrolle
 - Qualitätssicherung
 - Qualitätsverbesserung
 - Sonographen



Verlag TÜV Rheinland, Köln
 G 8770 F - 115. Jahrgang - Mai/Juni 1995 - ISSN 0344-9416

3/95

Jederzeit auf dem aktuellsten Stand.

Behalten Sie den Überblick!

- **mt** ist die Zeitschrift für die tägliche Praxis des Medizintechnikers. Sie bietet neben verständlich formuliertem Grundlagenwissen technische Lösungen medizinischer Probleme.
- **mt** trägt zur Klärung der Fragen bei, die im Spannungsfeld 'Medizin-Gesetzgebung-Technik' mit der Gewährleistung durch Arzt und Techniker zusammenhängen.
- **mt** greift aktuelle und kontroverse Themen auf.
- **mt** bringt Nachrichten, Kongreßberichte und Hinweise auf neue Geräte und Verfahren.
- **mt** beschäftigt sich mit den Problemen medizinisch-technischer Zusammenarbeit in Krankenhäusern und Industrie.
- **mt** vertritt die Interessen der im Bereich Medizintechnik beschäftigten Ingenieure, Techniker und technisch orientierten Ärzte, wie Laborärzte, Radiologen, Nephrologen, Anästhesisten.
- **mt** informiert über Aus- und Weiterbildung.
- **mt** leistet einen wichtigen Beitrag zur Qualitätssicherung beim Einsatz der Technik für den Patienten.
- **mt** zeigt Wege zum Gesundheitswesen der Zukunft im internationalen Umfeld.

mt - Medizintechnik

Hrsg.: Verlag TÜV Rheinland
 DIN A 4, geheftet, 44 Seiten,
 Bestell-Nr.: 9658
 DM: 6 Hefte DM 115,- / Ausland DM 119,-,
 Einzelheft DM 25,00 zzgl. Versandkosten,
 SFR: 6 Hefte 115,- / Ausland 119,-,
 Einzelheft 25,00 zzgl. Versandkosten,
 OES: 6 Hefte 897,- / Ausland 928,20,
 Einzelheft 195,00 zzgl. Versandkosten,
 Studentenabonnement inkl. Versandkosten DM 35,00,

KOPIER- UND FAXVORLAGE

Fax-Nr. 0 22 03 / 9 11 80-80

- Ja, bitte schicken Sie an meine nebenstehende Anschrift ein Probeheft der Zeitschrift „mt-Medizintechnik“
- Ja, bitte schicken Sie an meine nebenstehende Anschrift die Mediadaten der „mt-Medizintechnik“ mit den Anzeigenpreisen etc.
- Ja, ich möchte die Zeitschrift „mt-Medizintechnik“ regelmäßig beziehen. Bitte schicken Sie mir bis auf Widerruf die „mt-Medizintechnik“ gegen Rechnung an die rechts stehende Anschrift zum Jahresbezugspreis (6 Ausgaben) von DM 115,—, SFR 115,—, OES 897,— zzgl. Versandkosten.

Verlag TÜV Rheinland GmbH
Frau Karafiol
Viktoriastraße 26

51149 Köln

Firma: _____

Branche: _____

z.Hd.: _____

Tel.: _____

Straße: _____

PLZ/Ort: _____

Datum: _____

Unterschrift: _____



3 counts pro nSv für Neutronen?



Ja! Der Moderatordetektor LB 6411 setzt neue Maßstäbe in der Neutronen-Meßtechnik. Die Überwachung einer momentanen Dosisleistung von 100 nSv/h oder einer integrierten Jahresdosis von 1 mSv sind jetzt kein Problem mehr.

Und die geringe Energieabhängigkeit, angepaßt an ICRP 60, wird Sie überraschen. Unsere Fax-Nr. (0 70 81) 177-166 hat eine ausführliche Antwort für Sie parat.

 **EG&G BERTHOLD**

Stammwerk: Laboratorium Prof. Dr. Berthold GmbH & Co. KG · D-75312 Bad Wildbad · Postf. 10 01 63 · Tel. (0 70 81) 177-0 · Fax (0 70 81) 177-166

Berlin
(0 30) 7 41 14 83

Erlangen
(0 91 31) 2 16 91

Hannover
(05 11) 90 23 70

Köln
(0 22 04) 9 72 00

München
(0 89) 1 49 40 34

Österreich
(+43) 19 14 22 51

Schweiz
(+41) 18 40 45 73